



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA SOLAR
FOTOVOLTAICO PARA UNA RESIDENCIA QUE
INCLUYE SISTEMAS SMART HOME EN EL CANTÓN
PAUTE, SECTOR SAN CRISTOBAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

AUTORES: WILIAM RODRIGO CABRERA MERCHÁN

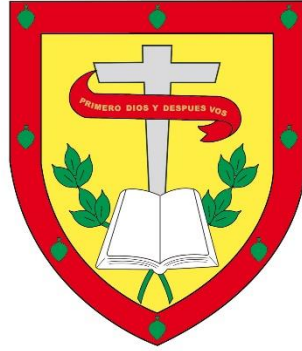
ISRAEL SEBASTIAN VILLA GARCÍA

DIRECTOR: ING. DANIEL ICAZA ALVAREZ, MGS.

CUENCA - ECUADOR

2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA SOLAR
FOTOVOLTAICO PARA UNA RESIDENCIA QUE INCLUYE
SISTEMAS SMART HOME EN EL CANTÓN PAUTE, SECTOR
SAN CRISTOBAL.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

AUTORES: WILIAM RODRIGO CABRERA MERCHÁN

ISRAEL SEBASTIAN VILLA GARCÍA

DIRECTOR: ING. DANIEL ICAZA ALVAREZ, MGS.

CUENCA – ECUADOR

2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Nosotros: Israel Sebastián Villa García portador de la cédula de ciudadanía N° 0106565195 y Wiliam Rodrigo Cabrera Merchán portador de la cédula de ciudadanía N.º 0105003826. Declaramos ser los autores de la obra: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA UNA RESIDENCIA QUE INCLUYE SISTEMAS SMART HOME EN EL CANTÓN PAUTE, SECTOR SAN CRISTOBAL”, sobre la cual nos hacemos responsables sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaramos que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaramos finalmente que nuestra obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también nos responsabilizamos y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 21 de diciembre de 2021



F:.....

Israel Sebastián Villa García

CI: 0106565195



F:.....

Wiliam Rodrigo Cabrera Merchán

CI: 0105003826

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por los estudiantes Villa García Israel Sebastián y Wiliam Rodrigo Cabrera Merchán, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized initials, positioned above a horizontal line.

Ing. Daniel Orlando Icaza Álvarez MGs.

DIRECTOR

DEDICATORIA WILIAM RODRIGO CABRERA MERCHAN

Dedico este presente trabajo de titulación a nuestro padre Dios, por estar presente en todos los instantes de mi vida cuidándome y guiándome, por permitirme alcanzar mis propósitos tanto personales como académicos.

A mis padres por el apoyo y sus consejos que me han brindado durante la etapa de mi vida, un agradecimiento especial a mi madre quien siempre ha estado apoyándome moralmente con sus consejos sabios, convirtiéndose muchas veces en mi padre y madre.

A mi hermano, una persona quien me apoyo motivándome a seguir con mis estudios a no dejarme vencer nunca, pese a las circunstancias que la vida nos pone en el camino.

A mi amada esposa quien se ha convertido en mi apoyo incondicional durante mi formación académica, por sus consejos sabios, por los momentos que no pude compartir con ella y con mis hijas, por estar pendiente con las cosas de la universidad, por todo su tiempo y paciencia en mi formación académica.

DEDICATORIA ISRAEL SEBASTIAN VILLA GARCIA

Dedico este presente trabajo de titulación a nuestro padre Dios, por estar presente en todos los instantes de mi vida cuidándome y guiándome, por permitirme alcanzar mis propósitos tanto personales como académicos.

A mi madre por el apoyo y sus consejos que me ha brindado durante mi etapa académica, siempre ha estado apoyándome moralmente con sus consejos sabios, convirtiéndose muchas veces en mi padre y madre.

A mis hermanos, quienes me apoyaron motivándome a seguir con mis estudios a no dejarme vencer nunca, pese a las circunstancias que la vida nos pone en el camino.

AGRADECIMIENTOS DE WILIAM RODRIGO CABRERA MERCHÁN

Expreso un infinito agradecimiento a nuestro padre Dios, por brindarme salud y vida durante toda mi existencia, guiándome siempre por el camino correcto, sin olvidar mis principios y valores que me han ensañado mis padres desde que era un niño, así que confiado en su amor y misericordia pongo en sus venerables manos mi futuro profesional.

Agradezco a mi esposa por todo el apoyo brindado durante mi estudio universitario, siendo un pilar fundamental de apoyo y fortaleza, para terminar satisfactoriamente mi carrera profesional que Dios le pague por siempre.

A mis padres y hermano, por el apoyo recibido a lo largo de mi carrera, ya que con sus sabios consejos me han llevado a conseguir mis objetivos trazados, espero dar lo mejor de mí en mi profesión, para su entera satisfacción.

A mis familiares y amigos, quienes han estado pendiente de mis estudios, con sus mensajes o llamadas, dándome palabras de aliento para continuar con mi propósito.

A los docentes de esta Prestigiosa Universidad que han cumplido un rol fundamental durante nuestra formación académica y personal, con sus grandes conocimientos en sus cátedras, nos han sabido formar con conocimientos solidos en nuestra carrera.

De manera especial queremos extender nuestro agradecimiento al MSC., Daniel Orlando Icaza Alvares, quien ha sido nuestro director de proyecto de titulación, siendo un docente y amigo, que nos ha brindado todo sus conocimientos académicos y profesionales, para terminar satisfactoriamente nuestro trabajo de titulación, que Dios le colme de éxitos y bendiciones en su labor de docente.

AGRADECIMIENTOS DE ISRAEL SEBASTIAN VILLA GARCIA

Expreso un infinito agradecimiento a nuestro padre Dios y a la santa virgen del Cisne, por brindarme salud y vida durante toda mi existencia, guiándome siempre por el camino correcto, sin olvidar mis principios y valores que me han ensañado mis padres desde que era un niño, así que confiado en su amor y misericordia pongo en sus venerables manos mi futuro profesional.

A mi familia y a mi enamorada por confiar siempre en mí apoyándome en el transcurso de mi carrera universitaria siendo muy importantes en mi vida, gracias a su apoyo y sus consejos me guían a ser un mejor ser humano y un excelente profesional.

A los docentes de esta Prestigiosa Universidad que han cumplido un rol fundamental durante nuestra formación académica y personal, con sus grandes conocimientos en sus cátedras, nos han sabido formar y guiar en nuestros estudios.

De manera especial queremos extender nuestro agradecimiento al MSC., Daniel Orlando Icaza Alvares, quien ha sido nuestro director de tesis, siendo un docente y amigo, que nos ha brindado todo sus conocimientos académicos y profesionales, para terminar complacidamente nuestro trabajo de titulación.

RESUMEN

En el actual trabajo de investigación teórico-práctico, se realiza un diseño e implementación de un sistema solar fotovoltaico, para una residencia que incluye sistemas Smart Home, en el cantón Paute. sector San Cristóbal, por la razón, que la energía solar en el lugar es constante y propicia para su instalación del sistema fotovoltaico, cubriendo de esta manera la demanda de la vivienda.

Como punto de partida se realizó el diseño, simulación del sistema de iluminación y la integración de los equipos fotovoltaicos. Para la determinación de los paneles fotovoltaicos, regulador de carga, baterías, inversor y elementos de protección, se realizó un estudio de carga de la vivienda, en base a este resultado, se determinó una potencia de 2 KW/h, que alimenta un total de cargas de 20 amperios.

Se realizaron mediciones de la radiación solar con el solarímetro en el lugar, para conocer el nivel de radiación. Se realizó una medición de temperatura de los paneles solares con un termómetro infrarrojo, para el sistema híbrido solar-eólico se realizaron mediciones con el anemómetro, con el objetivo de determinar la mejor ubicación a futuro del aerogenerador.

Se realizó el diseño de un sistema Smart Home que se proyecta a instalar a futuro en la vivienda, para la automatización del sistema de iluminación y fuerza, a su vez se pretende colocar otros dispositivos inteligentes, para el control de los equipos eléctricos y electrónicos que se encuentren conectados a la red, mejorando el confort, seguridad y la eficiencia energética de la vivienda.

Palabras clave: sistema fotovoltaico, energía renovable, sistema híbrido, Smart Home, panel solar.

ABSTRACT

In the current theoretical-practical research, a design and implementation of a solar photovoltaic system for a residence that includes Smart Home systems in the canton of Paute in the San Cristobal sector are carried out. The reason to implement this system is that the solar energy in the place is constant and conducive to installing the photovoltaic system, thus covering the demand of the house.

As a starting point, the design and simulation of the lighting system and the integration of the photovoltaic equipment were carried out. A home load study was carried out to determine the photovoltaic panels, charge regulator, batteries, inverter, and protection elements; based on this result, a power of 2 KW-h was determined, which feeds a total load of 20 amps.

Solar radiation measurements were taken with the solarimeter to determine the level of radiation. The temperature of the solar panels was measured with an infrared thermometer. For the solar-wind hybrid system, measurements were taken with an anemometer to determine the best future location for the wind turbine.

The design of a Smart Home system to be installed in the house in the future was carried out for automating the lighting and power system. Additionally, it is intended to place other intelligent devices for the control of electrical and electronic equipment connected to the network, improving comfort, safety, and energy efficiency of the house.

Keywords: Photovoltaic System, Renewable Energy, Hybrid System, Smart Home, Solar Panel.

INDICE DE CONTENIDO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD	II
CERTIFICACIÓN	III
DEDICATORIA WILIAM RODRIGO CABRERA MERCHAN	IV
DEDICATORIA ISRAEL SEBASTIAN VILLA GARCIA	V
AGRADECIMIENTOS DE WILIAM RODRIGO CABRERA MERCHÁN	VI
AGRADECIMIENTOS DE ISRAEL SEBASTIAN VILLA GARCIA	VII
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
CAPITULO 1.....	XXI
1.1 EL PROBLEMA	XXI
1.2 INTRODUCCIÓN	XXI
1.3 JUSTIFICACIÓN	XXII
1.4 OBJETIVOS.....	XXIII
1.4.1 <i>OBJETIVO GENERAL</i>	<i>xxiii</i>
1.4.2 <i>OBJETIVOS ESPECIFICOS</i>	<i>xxiii</i>
CAPÍTULO 2.....	1
2 MARCO TEÓRICO.....	1
2.1 GENERALIDADES	1
2.2 GENERACIÓN ELÉCTRICA EN EL ECUADOR.....	2
2.2.1 <i>Centrales Hidráulicas</i>	2
2.2.2 <i>Centrales Térmicas</i>	3
2.2.3 <i>Centrales solares</i>	3
2.2.4 <i>Centrales eólicas</i>	4
2.2.5 <i>Centrales de biomasa</i>	5
2.3 PROTOCOLO DE KYOTO	5
2.3.1 <i>Fracaso del protocolo de Kyoto</i>	6
2.4 EL FUTURO DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN EL ECUADOR	6
2.4.1 <i>Normativa vigente reguladora para la implementación de sistemas fotovoltaicos</i>	6
2.4.2 <i>Beneficios de los proyectos fotovoltaicos</i>	7
2.5 ENERGIAS RENOVABLES	8
2.5.1 <i>Energía solar fotovoltaica</i>	8
2.5.2 <i>Células Fotovoltaicas</i>	9
2.5.3 <i>Fundamentos de los sistemas fotovoltaicos</i>	10
2.5.4 <i>Efecto Fotoeléctrico</i>	11
2.5.5 <i>Efecto de radiación incidente</i>	11
2.5.6 <i>Ventajas de la energía solar fotovoltaica</i>	12
2.6 RADIACIÓN SOLAR.....	13
2.6.1 <i>El potencial de radiación solar terrestre</i>	13
2.6.2 <i>Instrumentos de medición solar</i>	13
2.6.3 <i>Mediciones de la irradiación solar</i>	14
2.6.4 <i>Medición de temperatura de un módulo solar</i>	14
2.6.5 <i>Rendimiento y eficiencia de los paneles solares</i>	15
2.7 DIALUX	15

2.7.1	Descarga e instalación de DIALux	15
2.7.2	Manejo de DIALux para la simulación de ambientes	16
2.8	SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED	17
2.8.1	LED	17
2.9	LA TECNOLOGÍA LED Y EL CONFORT VISUAL	20
2.10	REDUCCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA A TRAVÉS DE LED	20
2.11	VENTAJAS DE LA TECNOLOGÍA LED	21
2.12	EFICIENCIA ENERGÉTICA	21
2.13	LED Y CONSUMO ENERGÉTICO	21
CAPÍTULO 3	22
3	ESTUDIO Y ANÁLISIS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS	22
3.1	COMPONENTES DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO	22
3.2	TIPOS DE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS	22
3.2.1	Paneles solares monocristalinos	23
3.2.2	Paneles solares policristalinos	23
3.2.3	Paneles solares amorfos o de capa fina	24
3.3	COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO	24
3.3.1	Sistemas fotovoltaicos Autónomos	24
3.3.2	Configuraciones típicas de los sistemas fotovoltaicos Autónomos	25
3.3.3	Sistemas fotovoltaicos interconectados a la red	26
3.4	HORA SOLAR PICO (HSP)	26
3.4.1	Radiación solar en el Ecuador.	27
3.5	POTENCIA DE LOS PANELES SOLARES	28
3.5.1	Conexión de paneles en serie	28
3.5.2	Conexión de paneles en paralelo	29
3.5.3	Conexión de paneles en serie y paralelo	29
3.6	REGULADOR DE CARGA	30
3.6.1	Reguladores en serie	31
3.6.2	Reguladores en paralelo	31
3.7	INVERSOR DE VOLTAJE	32
3.7.1	Onda Cuadrada	32
3.7.2	Onda Sinusoidal Modificada	32
3.7.3	Onda Sinusoidal pura	32
3.8	BATERÍAS O ACUMULADORES	33
3.8.1	funciones importantes de las baterías en las instalaciones FV	33
3.9	CARACTERÍSTICAS DE LAS BATERÍAS	33
3.9.1	Eficiencia de carga	33
3.9.2	Autodescarga	33
3.9.3	Profundidad de descarga	34
3.10	TIPOS DE BATERÍAS	34
3.10.1	Banco de baterías	35
3.11	MANTENIMIENTO DE LAS PLACAS SOLARES	36
3.11.1	Formato para la revisión de un Módulo Fotovoltaico	37
CAPÍTULO 4	38
4	DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO A INSTALARSE	38
4.1	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA SOLAR A UTILIZARSE	38
4.1.1	Ubicación geográfica	38
4.1.2	Dimensionamiento mediante el software HOMER pro	39

4.2	ENERGÍA TOTAL DE CONSUMO EN EL CIRCUITO DE ILUMINACIÓN	41
4.3	UBICACIÓN DE LAS LUMINARIAS	42
4.4	CALCULO Y SELECCIÓN DEL NÚMERO DE PANELES SOLARES A UTILIZARSE	45
4.4.1	<i>Cálculo de paneles solares</i>	45
4.5	FACTORES PARA LA COLOCACIÓN DE LOS PANELES SOLARES.....	48
4.5.1	<i>La orientación de las placas fotovoltaicas</i>	48
4.6	CALCULO Y SELECCIÓN DE LAS BATERÍAS DE ALMACENAMIENTO	50
4.7	CALCULO Y SELECCIÓN DE REGULADOR DE CARGA E INVERSOR	53
4.7.1	<i>Cálculo de inductor a utilizar</i>	53
4.7.2	<i>Selección del inductor</i>	54
4.8	SELECCIÓN DE LOS CONDUCTORES A UTILIZAR.....	54
4.9	PERDIDAS EN UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	56
4.9.1	<i>Perdidas por orientación</i>	56
4.9.2	<i>Perdidas por integración arquitectónica de las placas fotovoltaicas</i>	56
4.9.3	<i>Perdidas por acumulación de agua, polvo</i>	57
4.9.4	<i>Perdidas por rendimiento AC/DC del inductor</i>	57
4.10	RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO EN HOMER PRO	57
4.11	DISEÑOS GENERALES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO A INSTALAR	62
4.11.1	<i>Diagrama de conexión del sistema fotovoltaico a instalar</i>	65
CAPÍTULO 5.....		66
5 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO EN EL CANTÓN PAUTE SECTOR SAN CRISTÓBAL.....		66
5.1	EQUIPO DE SEGURIDAD DURANTE LA INSTALACIÓN	66
5.1.1	<i>Protectores de rostro</i>	67
5.1.2	<i>Protectores de cabeza</i>	67
5.1.3	<i>Protectores de manos y brazos</i>	67
5.1.4	<i>Protectores de pies</i>	67
5.2	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS PARA LA INSTALACIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	67
5.3	FABRICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA PARA EL MONTAJE DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS	72
5.4	MODELADO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO UTILIZANDO LA HERRAMIENTA DE MATLAB	76
5.5	UBICACIÓN DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS EN EL TECHO DE LA VIVIENDA	86
5.6	TENDIDO DE CONDUCTORES PARA LA INSTALACIÓN DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS AL INTERIOR DE LA VIVIENDA.....	87
5.7	INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS DE CONTROL DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	89
5.7.1	<i>Conexión de los paneles fotovoltaicos</i>	89
5.7.2	<i>Conexión del inductor / regulador a utilizarse</i>	90
5.7.3	<i>Conexión de baterías de almacenamiento</i>	91
5.8	INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL MÓDULO DE TRANSFERENCIA.....	92
5.9	MEDICIONES Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	93
5.9.1	<i>Mediciones del sistema instalado</i>	93
5.9.2	<i>Pruebas del sistema instalado</i>	94
5.10	COSTO BENEFICIO DEL PROYECTO INSTALADO EN LA RESIDENCIA.....	95
CAPÍTULO 6.....		97
6 DISEÑO DE UN SISTEMA HIBRIDO CON EL CONTROL DE UNA SMART HOME		97
6.1	INTRODUCCIÓN A UN SISTEMA SMART HOME	97
6.2	CURVAS DE DEMANDA.....	99
6.3	SIMULACIÓN DEL SISTEMA HIBRIDO (SOLAR-EÓLICO), PENSADO A FUTURO A IMPLEMENTAR EN LA VIVIENDA	102
6.3.1	<i>Resultados obtenidos del software HOMER PRO del sistema híbrido</i>	102
6.4	DISEÑO DE UN SISTEMA HIBRIDO (SOLAR-EÓLICO), PARA SER INSTALADO A FUTURO EN LA VIVIENDA.....	104
6.4.1	<i>Energía Eólica</i>	104

6.4.2	<i>Aerogeneradores</i>	105
6.4.3	<i>Sistemas Renovables Híbridos</i>	106
6.4.4	<i>Configuración de los sistemas híbridos</i>	107
6.4.5	<i>Dimensionamiento de un sistema híbrido</i>	107
6.4.6	<i>Sistema Fotovoltaico con energía eólica</i>	108
6.5	ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA DEL AEROGENERADOR	109
6.5.1	<i>Selección del aerogenerador</i>	111
6.5.2	<i>Dimensionamiento del sistema</i>	112
6.6	VERIFICACIÓN DE LA UBICACIÓN DEL AEROGENERADOR EN LA VIVIENDA	114
6.6.1	<i>Criterios técnicos para el montaje de una turbina eólica residencial</i>	115
6.6.2	<i>Forma más precisa de saber el viento que sopla en la zona</i>	115
6.6.3	<i>Selección de la turbina que se tiene que instalar</i>	115
6.6.4	<i>Resultados obtenidos de la simulación del sistema híbrido en HOMER PRO</i>	116
6.6.5	<i>Ubicación a futuro del Aerogenerador en lugar de la instalación</i>	123
6.6.6	<i>Resultados aproximados de la simulación en Matlab del sistema híbrido con el sistema Smart Home</i>	127
6.7	ESQUEMA EN HOMER PRO DEL SISTEMA HÍBRIDO CON ENERGÍA SOLAR Y ENERGÍA EÓLICA PARA LA PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA	130
6.8	PROPUESTA ECONÓMICA PARA LA INSTALACIÓN A FUTURO DE UN SISTEMA HÍBRIDO EN LA RESIDENCIA	130
6.8.1	<i>Beneficio económico del proyecto híbrido planteado instalarse a futuro</i>	131
6.9	DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SMART HOME AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LA RESIDENCIA	132
6.10	UTILIZACIÓN DE UNA APP PARA EL CONTROL DEL SISTEMA DESDE UN SMARTPHONE	133
6.10.1	<i>Principales Aplicaciones Móviles para el control de una Smart Home</i>	133
6.11	APLICACIÓN MÓVIL PARA EL CONTROL Y MONITOREO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO Y EÓLICO INSTALADO	138
6.11.1	<i>Aplicación Ginlong Solis</i>	138
6.11.2	<i>La aplicación para el monitorear el rendimiento y consumo de la energía solar</i>	138
6.11.3	<i>SMA Energy</i>	139
6.11.4	<i>Qantum Energy</i>	140
	CONCLUSIONES	141
	RECOMENDACIONES	143
	REFERENCIAS BICLIOGRAFICAS	145
	BIBLIOGRAFIA	145
	ANEXOS	151

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Parque Eólico De Villonaco Y Parque Solar En Puerto Ayora De Galápagos.....	1
Figura 2. Central Hidroeléctrica Paute - Ecuador.....	2
Figura 3. Central Térmica Esmeraldas li - Ecuador.....	3
Figura 4. Central Fotovoltaica Imbabura - Ecuador	4
Figura 5. Parque Eólico De Villonaco Loja- Ecuador	4
Figura 6. Planta De Cogeneración Del Ingenio San Carlos, Guayas- Ecuador	5
Figura 7: Energía Térmica Y Energía Fotovoltaica.....	9
Figura 8. Proceso De Obtencion De Energia Solar Fotovoltaica.	9
Figura 9. Obtención De La Energía Eléctrica Mediante Energía Solar.	10
Figura 10. Aspectos Importantes Que Influyen En El Efecto De Radiación Incidente.	12
Figura 11. Piranómetro Medición De Irradiancia Global	13
Figura 12. Piranómetro Medición De Radiación Directa Del Sol	14
Figura 13. Sensor De Temperatura Con Sensor De Radiación Solar	14
Figura 14. Logo Del Programa De Iluminación Dialux.....	15
Figura 15. Ventana De Inicio De Dialux Evo.	16
Figura 16. Diseño De Una Zona De Estar En Dialux.....	16
Figura 17. Partes Que Constituyen La Luminaria Led.	18
Figura 18. Chip Led.....	19
Figura 19. Disparador De Calor Led.	19
Figura 20. Driver Para Luminaria Led.....	19
Figura 21. Óptica Secundaria De Iluminación Led, La Cual Tenemos La Vista Convergente Y Divergente.....	20
Figura 22. Diseño De Una Instalación Fotovoltaica	22
Figura 23. Estructura Interna De Un Panel Fotovoltaico	23
Figura 24. Diagrama Básico De Un Sistema Fotovoltaico	23
Figura 25. Tipos De Paneles Solares.....	24
Figura 26. Sistema Fotovoltaico Autónomo.....	25
Figura 27. Tipos De Sistema Fotovoltaicos Autónomos.....	25
Figura 28. Sistema Interconectado A La Red Eléctrica.....	26
Figura 29. Atlas Solar Del Ecuador.	27
Figura 30. Placa De Las Características Técnicas De Los Paneles Solares.	28

Figura 31. Placas Solares Conectadas En Serie.	29
Figura 32. Placas Solares Conectadas En Paralelo.	29
Figura 33. Placas Solares Conectadas En Serie Y Paralelo.	30
Figura 34. Reguladores De Voltaje De Paneles Solares.....	30
Figura 35. Conexión De Reguladores En Serie Y Paralelo.	31
Figura 36. Tipos De Inversores Según Su Forma De Onda.	32
Figura 37. Banco De Baterías En Serie Y Paralelo	36
Figura 38. Localización De La Vivienda A Instalarse Los Paneles Fotovoltaicos.	38
Figura 39. Localización De La Vivienda A Instalarse Los Paneles Fotovoltaicos Capturado En 3d.	38
Figura 40: Logo Del Software Homer Pro.	39
Figura 41. Diagrama De Conexión Del Sistema Fotovoltaico Conectado A La Red En Homer Pro.	40
Figura 42. Cálculo De Irradiación Solar En La Zona Donde Se Implementó El Sistema Fotovoltaico. ...	40
Figura 43. Diseño Final De Como Quedara La Vivienda En La Residencia A Solventar El Consumo Lumínico.....	41
Figura 44. Diseño Lumínico De La Plata Baja De La Vivienda (Cad).	43
Figura 45. Diseño Lumínico De La Plata Alta De La Vivienda (Cad).....	44
Figura 46. Modelo De Como Quedara La Instalación En La Residencia.....	47
Figura 47. Plano Eclíptica E Inclinación Polar.....	48
Figura 48. Paneles Fotovoltaicos Instalados En San Cristóbal Paute, A Una Inclinación De 12°.	49
Figura 49. Mantenimiento De Paneles Fotovoltaicos En Una Residencia.	50
Figura 50. Soporte De Aluminio El Cual Se Colocarán Las Placas Fotovoltaicas.	50
Figura 51: Inversor Maxsun De 2 Kva Utilizado En La Residencia Realizado El Proyecto De Grado.	54
Figura 52. Cable Concéntrico 3 X 8, Utilizado En La Instalación De Los Paneles Fotovoltaicos.....	56
Figura 53. Resultados Obtenidos En El Programa Homer Pro De Los Resultados Para Su Implementación.....	58
Figura 54. Resultados Obtenidos Del Flujo De Inversión Y Recuperación En El Programa Homer Pro	58
Figura 55. Comportamiento Del Sistema Solar Con La Demanda Ac Primary Load (Kw).	59
Figura 56. Energía Solar Promedio Mensual.....	59
Figura 57. Radiación Solar Global Por Hora.	60
Figura 58. Curva De Calor De Generación De Energía Solar Durante Un Año.	60
Figura 59. Frecuencia Acumulada En La Producción De Los Módulos Fotovoltaicos.	61
Figura 60. Curva De Duración Solar Global Del Sistema Fotovoltaico.	61
Figura 61. Producción De Energía Total Con Pico De Consumo De La Vivienda.	62
Figura 62. Plano De Iluminación De La Vivienda, Implementado Los Paneles Fotovoltaicos (Cad).	63

Figura 63. Plano De La Vivienda En La Parte De Abajo La Cual Se Encuentran Los Equipos A Instalar (Cad).....	64
Figura 64. Diagrama De Conexión Del Sistema Fotovoltaico A Instalar.....	65
Figura 65. Se Realizó La Medición De Los Paneles Fotovoltaicos.	73
Figura 66. Angulo De 2 Mm Utilizado Para La Realización De La Estructura De Soporte De Los Paneles Fotovoltaicos.....	73
Figura 67. Diseño De La Estructura En Los Que Se Colocaran Los Paneles Fotovoltaicos.	74
Figura 68. Colocacion De La Estructura En La Cubierta De La Vivienda.....	74
Figura 69. Estructura Finalizada Y Lista Para El Montaje De Las Placas Fotovoltaicas.	75
Figura 70. Colocación De Los Módulos Fotovoltaicos En Los Soportes Instalados.....	75
Figura 71. Paneles Fotovoltaicos Colocados En La Cubierta De La Vivienda.	76
Figura 72. Simulación De Las Variaciones De Irradiación Solar En El Trascuro Del Día.....	77
Figura 73. Simulación De Las Variaciones De La Temperatura En El Trascuro Del Día.	77
Figura 74. Simulación De Los Eventos De Interrupción De Energía Que Se Pueden Dar En Una Residencia O Ambiente De Trabajo.	78
Figura 75. Simulación De Los Eventos Y Tiempos De Duración De Los Cortes De Energía En Una Residencia.	78
Figura 76. Simulación De La Variación De Costos De La Energía En Tiempo Real De Una Residencia Durante Su Utilización.....	79
Figura 77. Simulación De La Variación De Carga A Lo Largo Del Día En Una Residencia.....	79
Figura 78. Simulación De La Entrega De Energía De Los Paneles Fotovoltaicos Y El Consumo De La Red Pública. (Anexo 8)	80
Figura 79. Simulación De La Carga Y Descarga Del Sistema De Almacenamiento De Energía Mediante Los Paneles Fotovoltaicos. (Anexo 8).....	80
Figura 80. Simulación Del Consumo Eléctrico De Una Refrigerado En El Trascuro De Una Hora Y Media. (Anexo 8).....	81
Figura 81. Simulación Del Consumo Eléctrico De Una Televisión En El Trascuro De Una Hora Y Media. (Anexo 8).....	81
Figura 82. Simulación Del Consumo Eléctrico De Una Computadora De Escritorio En El Trascuro De Una Hora Y Media	82
Figura 83. Simulación Del Consumo Eléctrico De Una Aspiradora En El Trascuro De Una Hora Y Media.	82
Figura 84. Simulación Del Consumo Eléctrico De Una Lavadora En El Trascuro De Una Hora Y Media.	83
Figura 85. Simulación Del Consumo Eléctrico De Un Horno Microondas En El Trascuro De Una Hora Y Media.	83
Figura 86. Simulación Del Consumo Eléctrico De Un Juego De Luces En El Trascuro De Una Hora Y Media. (Anexo 8).....	84

Figura 87. Simulación Del Consumo Eléctrico De Un Juego De Luces De Menor Consumo En El Trascuro De Los Días	84
Figura 88. Simulación Del Consumo Eléctrico De Una Lavadora De Platos En El Trascuro De Una Hora Y Media.	85
Figura 89. Simulación Del Consumo Eléctrico De Otros Aparatos Eléctricos En El Trascuro De Los Días	85
Figura 90. Simulación Del Consumo Eléctrico De Un Sistema De Aire Acondicionado Y Calefacción En El Trascuro Una Hora Y Media. (Anexo 8)	86
Figura 91. Paneles Fotovoltaicos Ubicados En La Cubierta De La Vivienda.	87
Figura 92. Tendido Del Conductor En La Parte Superior De La Vivienda.	87
Figura 93. Bajante Del Conductor Eléctrico Fotovoltaico Hacia El Cuarto De Máquinas.	88
Figura 94. Bajante De Llegada Hacia El Cuarto De Máquinas.	88
Figura 95. Cuarto De Máquinas Donde Llega Nuestro Conductor.	89
Figura 96. Diagrama De Conexión De Los Paneles Fotovoltaicos	90
Figura 97. Conexión De Conductores Solares.	91
Figura 98. Diagrama De Conexión De Las Baterías Con El Inversor.	91
Figura 99. Conexión De Conductores De Batería Al Inversor.	92
Figura 100. Diagrama De Conexión De Selector De Intercambio De Renovable A Público.	92
Figura 101. Conexión De Selector En La Caja De Distribución En El Cuarto De Los Equipos.	93
Figura 102. Funcionamiento Del Inversor Ya Instalado.	93
Figura 103. Uso De La Energía Renovable Almacenada En El Trascuro Del Día.	94
Figura 104: Dispositivos Controlados Por Una Smart Home	97
Figura 105. Componentes Básicos De Una Smart Home.	99
Figura 106. Curvas De Demanda De La Primera Planta.	100
Figura 107. Curvas De Demanda De La Segunda Planta.	101
Figura 108. Diseño En Homer Pro De Un Sistema Híbrido Fv-Wt Para La Producción Y Entrega De Energía.	102
Figura 109. Calculo De Radiación Solar En La Zona.	103
Figura 110. Cálculo De La Velocidad Del Viento De La Zona A Realizar La Proyección Del Sistema Eólico.	103
Figura 111. Cálculo De La Temperatura De La Zona.	104
Figura 112. Parque Eólico Para La Generación De Energía Eléctrica	105
Figura 113. Partes Constructivas De Un Aerogenerador	105
Figura 114. Sistema Híbrido Integrando Energía Eólica, Fotovoltaica Y La Red Eléctrica	107
Figura 115. Sistema Híbrido Solar - Fotovoltaico.	108
Figura 116. Diseño De Un Sistema Híbrido Solar Fotovoltaico Para La Instalación A Futura	108

Figura 117. Atlas Eólico Del Ecuador, Velocidad Media Anual Del Viento A Una Altura De 80m Seleccionando Puntos Máximos.	110
Figura 118. Atlas Eólico Del Ecuador, Densidad De Potencia Del Viento A 80 M Seleccionando Puntos Máximos.....	110
Figura 119. Resultados Obtenidos En El Programa Homer Pro.	116
Figura 120. Resultado De Flujo De Inversión Y Recuperación.	116
Figura 121. Radiación Solar Global.	117
Figura 122. Velocidad Del Viento En La Zona.	117
Figura 123. Energía Solar Promedio Mensual.....	118
Figura 124. Velocidad Del Viento Mensual.....	118
Figura 125. Radiación Solar Global Por Día.....	119
Figura 126. Velocidad Del Viento Por Día.	119
Figura 127. Curva De Calor De La Generación De Energía Solar Durante Un Año.....	120
Figura 128. Curva De Calor De La Generación De Viento Durante Un Año.	120
Figura 129. Frecuencia Acumulada En La Producción De Los Módulos Fotovoltaicos.	121
Figura 130. Frecuencia Acumulada En La Producción Del Generador Eólico.	121
Figura 131. Curva De Duración Solar Global Del Sistema Fotovoltaico.	122
Figura 132. Curva De Duración Del Viento Del Generador Eólico.	122
Figura 133. Diseño De Un Sistema Hibrido Que Se Proyecta Instalar A Futuro.....	123
Figura 134. Diseño De Un Sistema Hibrido Solar-Eólico Que Se Pretende Implementar A Futuro En La Residencia.	124
Figura 135. Diagrama De Flujo Del Funcionamiento De Un Sistema Hibrido Fv-Wt	126
Figura 136. Simulación De La Producción De Energía Del Sistema Hibrido Y La Demanda Total De Los Electrodomésticos. (Anexo 8)	127
Figura 137. Simulación De La Entrega De Energía Del Sistema Hibrido A Las Cargas De La Residencia. (Anexo 8).....	128
Figura 138. Simulación Del Consumo Eléctrico De Una Casa Tradicional En Un Periodo De 24 Horas.	128
Figura 139. Simulación Del Consumo Eléctrico De Una Casa Inteligente En Un Periodo De 24 Horas.	129
Figura 140. Diseño En Homer De Un Sistema Hibrido Fv-Wt Para La Producción Y Entrega De Energía.	130
Figura 141. Diseño De Un Smart Home Que Se Pretende Implementar A Futuro En La Residencia..	132
Figura 142. Versiones De Una Asistente De Voz De Amazon Alexa.....	134
Figura 143. Aplicación Móvil De Samsung Smartthings.....	134
Figura 144. Aplicación Móvil De Google Asistente	135

Figura 145. Aplicación Móvil De Homepod.....	135
Figura 146. Aplicación Móvil De Lix Para los O Android	136
Figura 147. Aplicación Móvil Hue Philips Para Sistemas De Iluminación.....	136
Figura 148. Aplicación Móvil De Smart Life Y Smart Tuya. (Anexo 16).....	137
Figura 149. Aplicación Móvil Ginlong Solar Para El Monitoreo De Energías Fotovoltaica	139
Figura 150. Muestra De Datos Ginlong Solar Para El Monitoreo De Energías Fotovoltaica	139
Figura 151. Aplicación Móvil (Sma Energy) Para Sistemas Aislados Y Híbridos.....	140
Figura 152. Plataforma (Qantum Energy), Para El Control Y Monitoreo De Un Sistema Híbrido.....	140
Figura 153. Principales Marcas Compatibles Con La Plataforma Qantum Energy	140

LISTA DE TABLAS

tabla 1: Ventajas De Uso De La Energía Solar Fotovoltaica.	12
Tabla 2. Características De Los Diferentes Tipos De Baterías.	34
Tabla 4. Inspección Periódica Para Los Módulos Fotovoltaicos.	37
Tabla 5. Resultados De Consumo Total Requerido En La Vivienda.....	41
Tabla 6. Tabla De Radiación Solar Máxima Y Mínima En El Lugar A Realizar La Instalación.....	45
Tabla 7. Característica Técnica Del Panel Fotovoltaico A Utilizar.	47
Tabla 8. Características Eléctricas Del Módulo Yingli Solar A Utilizarse.	47
Tabla 9. Características Técnicas De Las Baterías A Utilizar En La Instalación De Los Paneles Fotovoltaicos.....	52
Tabla 11. Características Técnicas Del Inversor Maxsun, Anexo 3.	54
Tabla 12. Calculo Y Selección De Conductor Para El Sistema A Instalar.	55
Tabla 13. Cuadro De Calibre De Cables Para Una Instalación.....	55
Tabla 14. Característica General De Conductor Concéntrico 3 X 8.....	56
Tabla 15. Materiales Utilizados En La Instalación Del Sistema Fotovoltaico.	68
Tabla 16. Tabla De Valores De Los Equipos Instalados.	95
Tabla 18. Cuadro De Cargas De La Segunda Planta.	100
Tabla 19. Potencias De Las Cargas Que Dependerán Del Uso Del Aerogenerador.	109
Tabla 20. Aerogeneradores De La Marca Hissuma/Solar. (Anexo 9,10,11).....	111
Tabla 21. Características Técnicas Del Aerogenerador Hissuma/Solar De 1.5 Kw. (Anexo 9,10,11)..	111
Tabla 22. Características Técnicas De La Batería. (Anexo 12,13).....	113
Fuente: Los Autores	113
Tabla 23. Del Peso Y Medida De La Batería.	113
Tabla 24. Características Principales Del Inversor/ Regulador. (Anexo 14).....	114
Tabla 25: Costo Aproximado De La Inversión Para La Instalación Sistema Híbrido En La Residencia.	130

CAPITULO 1

1.1 EL PROBLEMA

El problema surge a raíz de la falta de mantenimiento del transformador y las redes de distribución en baja tensión que subministran el servicio eléctrico a la zona de San Cristóbal, ya que es un transformador es de 30 KVA, que esta desactualizado con una capacidad que no cubre al 100% las necesidades de los usuarios, ya que la zona está en un constante crecimiento de población, por ende, esta no cubre la demanda eléctrica en las viviendas. Debido a esta problemática surge la idea de comenzar a solventar la demanda de consumo eléctrico público, implementado sistemas de energías renovables en la vivienda ayudando a reducir principalmente la contaminación ambiental, también a proteger la vivienda de caídas de tensión por una sobrecarga del transformador. Esta nueva forma de energía beneficiara al usuario en el consumo y pago de sus planillas de luz, utilizando sistemas inteligentes de control permitirán el uso moderado de la energía eléctrica por parte de los consumidores.

1.2 INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto de investigación y aplicación propuesto para la implementación de paneles fotovoltaicos en una vivienda de tipo residencial, que busca la auto sustentabilidad en los sistemas de iluminación y fuerza de la vivienda.

De igual manera, este proyecto aborda el tema de la Smart Home proyectada a un sistema inteligente automatizado, la cual estará controlada con aplicaciones informáticas y dispositivos electrónicos que estarán enlazados a un teléfono celular o una computadora, permitiendo de esta forma una eficiencia energética y por ende un ahorro económico a los usuarios. Reflejándose como resultado final la reducción del consumo eléctrico de KW/h utilizada diariamente.

En la actualidad existen una amplia gama de paneles fotovoltaicos que pueden cubrir las necesidades de potencia requeridas por el cliente, en este proyecto se utilizaran los paneles solares Monocristalinos, ya que estos ofrecen un mayor rendimiento cuando no se dispone de mucha superficie para su instalación. Con el uso de estos paneles podemos conseguir mayor potencia con la misma superficie ocupada. Se recomienda los paneles monocristalinos debido que su nivel operativo de vida útil es mayor que la de los paneles policristalinos y tienen mejores valores de producción con radiación difusa. Con los avances tecnológicos de

hoy en día han permitido un mejor control energético de los sistemas de iluminación y fuerza de las viviendas mediante sistemas de automatización

El propósito final de este proyecto es obtener una vivienda autosustentable, reduciendo los costos energéticos de consumo en la misma, diaria y mensualmente. Realizando así una proyección a futuro de la implementación de un sistema híbrido mediante energía eólica-solar y con la automatización de la vivienda para un mejor manejo de los consumos de energía.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Este proyecto es propuesto para realizar un estudio, diseño e implementación de paneles solares en la parroquia San Cristóbal del Cantón Paute, con el objeto de abastecer de energía eléctrica a una vivienda ubicada en el lugar antes mencionado, puesto que en este lugar la energía eléctrica que suministra la empresa pública, no es óptima para cubrir con las necesidades de iluminación que tiene el cliente, generando malestar en las personas que habitan la residencia.

Los paneles fotovoltaicos y la eficiencia energética que estos entregan se encuentran enlazados directamente con el lugar de su instalación y la carga lumínica que demanda la residencia, para su correcto funcionamiento, en esta parte es indispensable seleccionar correctamente los tipos de paneles solares que mejor se adapten al medio, esta selección brindara mayores beneficios al cliente y al medio ambiente, ya que estas tecnologías son amigables con el planeta.

La importancia de este proyecto se centra en el análisis e instalación de los paneles solares para la sustentabilidad de la iluminación en la residencia, dando de esta manera alternativas de solución a los problemas de la mala calidad de energía del sector donde se ejecutará el proyecto, incentivando a los demás usuarios a utilizar estas energías limpias, que contribuyen con el ahorro energético y la reducción de CO₂ que dañan el medio ambiente del planeta.

En este proyecto también se realizará un diseño y estudio de la instalación de un sistema automatizado Smart Home, que el usuario pueda implementar a futuro en el hogar, ganando con esto el control inteligente de las cargas instaladas, permitiendo un correcto uso de la energía eléctrica y por otro lado un ahorro económico al cliente.

Finalmente se dejará planteado un diseño para el uso de la energía eólica, equilibrando la energía suministrada por los paneles fotovoltaicos y de esta forma energizar en un mayor porcentaje las cargas de la vivienda, obteniendo así un sistema híbrido de energías renovables.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema solar fotovoltaico para una residencia independizando el consumo energético en la iluminación, proyectando a su vez una instalación de un aerogenerador que solvente en un porcentaje mayor el consumo energético de la vivienda, a través de un diseño de un sistema automatizado que incluye sistemas Smart Home, que ayuden al control y uso adecuado de la energía mediante aplicaciones informáticas, el mismo que se ejecutara en el cantón Paute, sector San Cristóbal.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseñar un sistema fotovoltaico para solventar la iluminación en la vivienda del cantón Paute sector San Cristóbal.
- Analizar los tipos y consumo de las luminarias instaladas en la residencia.
- Realizar un estudio para la automatización en un futuro de la vivienda, mediante energía renovable.
- Analizar e instalar correctamente los paneles fotovoltaicos en el lugar indicado.
- Indicar el costo-beneficio de la implementación de los paneles solares que obtendrá el cliente.
- Plantear el uso de nuevas alternativas de energías limpias y renovables, que cumplan con las exigencias proyectadas para la sustentabilidad de la vivienda.
- Realizar un estudio para implementación de un nuevo sistema híbrido que se proyecta a instalarse a futuro en la vivienda para tener un sistema que cubra en gran parte el consumo de la vivienda.

CAPÍTULO 2.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades

En la época actual que vivimos es muy común escuchar la palabra energías renovables y sus derivaciones como la energía eólica, la solar, que en los últimos años han ganado terreno en la mayoría de países que han apuntado a la generación de energías limpias, reduciendo el impacto ambiental en el planeta. (CONELEC, 2015).

En el Ecuador no ha sido la excepción para la implementación de sistemas de generación de energía mediante sistemas fotovoltaicos y eólicos, que han permitido llegar con energía eléctrica a muchos lugares de nuestra nación.

En nuestro medio es frecuente observar sistemas fotovoltaicos instalados en los tejados de las viviendas y las terrazas de los edificios, estas fuentes de energía limpias están beneficiando a los usuarios, ya que al contar con su propio sistema de generación, les permite la disminución de gasto eléctrico en sus planillas, también contribuyen a disminuir el impacto ambiental por el uso de las energías no renovables, a pesar que en nuestro país la principal fuente de generación de energía es la hidráulica. (CONELEC, 2015).

Se pretende que en el futuro la mayoría de consumidores tanto residenciales, comerciales e industriales tengan sus propios sistemas autónomos de energías limpias y no dependan mucho de las empresas suministradoras.

Con el constante incremento de la población el país ha trazado nuevos proyectos de generación de energía, utilizando algunos recursos no renovables para alcanzar sus metas, por esta razón es importante analizar la manera de incentivar a los consumidores a contar con sus propios sistemas de generación de energía, logrando que el sistema nacional de energía no se sature y pueda ofrecer todo el tiempo un servicio de calidad de energía. También se tiene que educar a los consumidores al uso concientizado del uso de la energía eléctrica. (CONELEC, 2015).



Figura 1. Parque eólico de Villonaco y parque solar en puerto Ayora de Galápagos
Fuente: (CIER Galápagos-CELEC EP-GENSUR)

2.2 Generación Eléctrica en el Ecuador

En el Ecuador una de las principales fuentes de generación de electricidad proviene de la energía hidráulica, esta se obtiene de la energía potencial del agua y las centrales térmicas que utilizan los combustibles fósiles para la generación de electricidad. Otras formas de generación de electricidad son la solar, eólica y la biomasa que en un grado menor abastecen de electricidad a nuestro país.

Según los datos brindados por el ministerio de electricidad y minas del Ecuador indica que el 92% de la generación de electricidad proviene de las centrales hidráulicas, el 7% de las centrales térmicas y el 1% de las fuentes no convencionales como son: la fotovoltaica, la eólica, biomasa, geotérmica entre otras, las cuales satisfacen de manera eficiente las necesidades de los consumidores, además de esto nos permite la exportación a los países de Colombia y Perú. (UPME, 2015)

2.2.1 Centrales Hidráulicas

Como se mencionó anteriormente la mayor fuente de generación de electricidad en el Ecuador se debe a las centrales hidráulicas, que aprovechan la energía potencial del agua, que se almacenan en represas o embalses. Actúan al dejar caer el agua por una tubería hasta la turbina hidráulica que mediante una conexión al alternador convierte la energía potencial en eléctrica. Entre las principales hidroeléctricas tenemos a Coca codo Sinclair ubicado en Napo-El Chaco con una potencia de 1476.00 MW, la Paute ubicada en Azuay- Sevilla del Oro con una potencia de 1100.00 MW, Sopladora ubicada en el mismo sector con una potencia de 486.00 MW y la de Minas San Francisco ubicado en Azuay-Pucara con una potencia de 274.50 MW. (UPME, 2015)



Figura 2. Central Hidroeléctrica Paute - Ecuador

Fuente: (Tesis Escuela Politécnica Nacional-Facultad de Ingeniería Mecánica)

2.2.2 Centrales Térmicas

Estas centrales aprovechan la quema de combustibles para convertir el agua en vapor y de esta manera mover una turbina que está conectado con el rotor del generador, y de esta forma poder obtener energía eléctrica. Estas centrales utilizan los combustibles fósiles como; el gas natural, el carbón, aceite entre otras para abastecer la central térmica. Al utilizar estos tipos de combustibles contaminan considerablemente el planeta. Entre las principales están la central termoeléctrica de Electroguayas con una potencia de 542,26 MW, Termogas Machala con una potencia de 228.9 MW, Termo-Manabí con una potencia instalada de 147.86 MW, Termo-Esmeraldas con una potencia instalada de 134.3 MW y la Termoeléctrica-Pichincha con una potencia instalada de 319.38 MW. (CELEP EP, 2021).



Figura 3. Central Térmica Esmeraldas II - Ecuador
Fuente: (CELEC EP-GENSUR)

2.2.3 Centrales solares

Es la energía que se encuentra en auge hoy en día en todo el planeta, aprovecha la energía que irradia el sol mediante ondas electromagnéticas que son absorbidos por los módulos solares y transformados en energía térmica y eléctrica, que son aprovechados por los consumidores para abastecer las cargas de la vivienda. Este tipo de energía es muy amigable con el planeta y contribuye significativamente a la reducción del calentamiento global. Entre las más relevantes de las centrales solares tenemos: la planta solar de Imbabura con una potencia de 28 MW, la central solar de Puerto Ayora de Galápagos con una potencia de 14.8 MW. (Cruz, P, 2017).



Figura 4. Central Fotovoltaica Imbabura - Ecuador

Fuente: (Tesis Escuela Politécnica Nacional-Facultad de Ingeniería Mecánica)

2.2.4 Centrales eólicas

La fuente de energía proviene del viento que mueve las palas del aerogenerador, aprovechando este tipo de energía del viento, para convertirla en electricidad. Se puede ubicar estos parques eólicos en las carreteras, en los mares etc. En nuestro país el parque eólico Villonaco es referente está ubicado en la ciudad de Loja con una potencia instalada de 16.5 MW, el parque eólico de Galápagos en la isla San Cristóbal con una potencia instalada de 2.5 MW. (CELEP EP, 2019).



Figura 5. Parque eólico de Villonaco Loja- Ecuador

Fuente: (CELEC EP-GENSUR)

2.2.5 Centrales de biomasa

La biomasa es una forma de energía que se obtiene a partir de los desechos de la materia u otros residuos orgánicos que se pueden aprovechar para la generación de la energía eléctrica, en nuestro país la biomasa se está aprovechando para la producción de los biocombustibles a partir del bagazo de la caña de azúcar, por alta demanda del combustible fósil, que se tiene en la actualidad. (Plan Maestro de Electricidad, 2017)

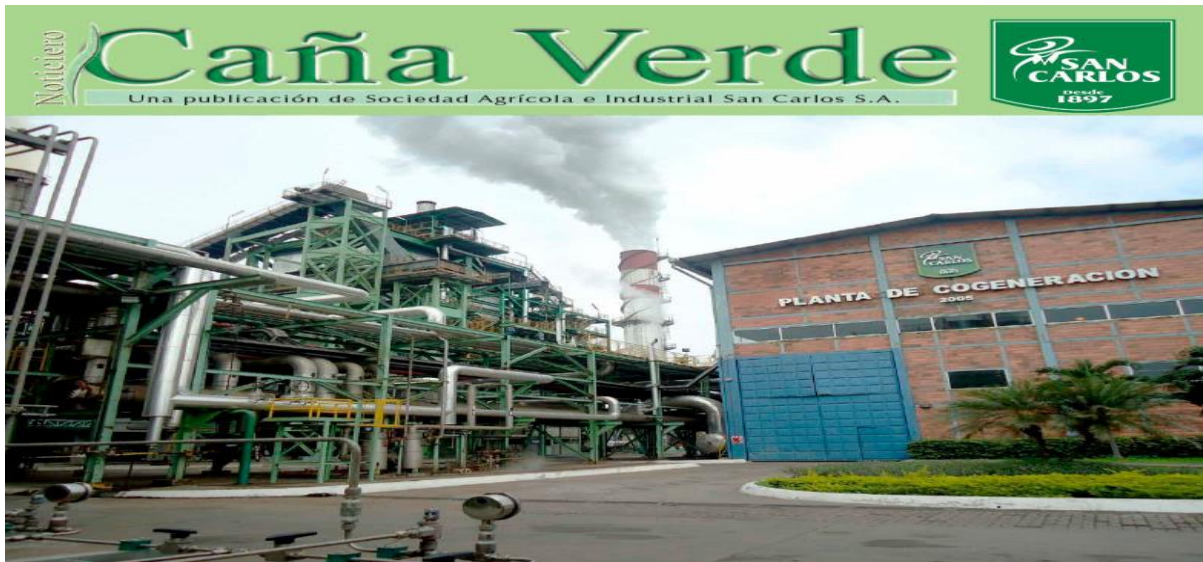


Figura 6. Planta de cogeneración del Ingenio San Carlos, Guayas- Ecuador
Fuente: (Revista Caña Verde del Ingenio San Carlos)

2.3 Protocolo de Kyoto

Es un acuerdo que hace referencia a una negociación sobre la situación climática actual que está atravesando el mundo entero. Dicha conferencia tuvo lugar en la ciudad de Kyoto-Japón en el año de 1997 en la que se firmaron acuerdos con diferentes países para reducir los gases de efecto invernadero al menos de un 5% hasta el año 2012, este porcentaje es a nivel mundial, por lo contrario, cada país es responsable del grado de contaminación que afecta la vida en el planeta.

Este protocolo da cumplimiento a los tratados que se firmaron con las Naciones Unidas sobre los cambios climáticos que se presentan actualmente y que están afectando gravemente la vida de nuestro planeta, dentro de esto se consideró que los países industrializados, busquen nuevas formas para estabilizar las emisiones de CO₂ y cumplir con las metas establecidas. Este protocolo ha establecido políticas y leyes, para que todos estos acuerdos se cumplan a futuro. (Kio, Protocolo de Kyoto).

2.3.1 Fracaso del protocolo de Kyoto

Pese a muchos esfuerzos de la aplicación de las políticas y leyes que se dieron en el protocolo de Kyoto no se han logrado los objetivos que se plantearon al inicio. Debido al incumplimiento y falta de compromiso de los países integrantes. Un informe que da la Organización Mundial de la Meteorología en el año 2014 indica la cantidad de gases de efecto invernadero han alcanzado las 397.7 partes por millón (ppm). En el hemisferio norte estas cifras sobrepasan las 400 ppm, volviéndose un problema para cumplir con los objetivos propuestos. La esperanza esta puesta en la nueva cumbre denominada COP26 convocada por Naciones Unidas que tendrá lugar en Glasgow- Escocia, donde se pretende dar cumplimiento a un tercer periodo 2021-2031. (Kio, Protocolo de Kyoto).

2.4 El futuro de la energía fotovoltaica en el Ecuador

El Ecuador ya cuenta desde el año 2013 con la primera central de energía fotovoltaica que se encuentra ubicado en la provincia de Imbabura que actualmente tiene una potencia instalada de 28MW y otras en la península insular de Galápagos con potencias inferiores a los 20 MW, de las misma manera se pretende construir la central solar “El Aromo” la más grande del Ecuador que se situara en la provincia de Manabí esta planta tendrá una extensión de terreno de 2.9 Kilómetros cuadrados, la misma que aportara 228MW a la matriz energética actual de las fuentes de energías renovables. (Aulestia L & Celi M, 2017)

Según la empresa de análisis de datos Global-Data planteo un escenario favorable de crecimiento de la energía solar de un 15% a lo largo de una década lo que llevara un incremento de 26.7 MW en el 2019 a 450MW en el año 2030, o más potencia si la tasa de crecimiento solar sigue subiendo.

Tomando en cuenta que la energía solar es una fuente inagotable de energía renovable, que se obtiene de la radiación electromagnética del sol, la cual se puede aprovechar para la producción de calor o energía eléctrica, es muy llamativa la creación de nuevos proyectos de energía solar en nuestro país y medio. (Aulestia L & Celi M, 2017)

2.4.1 Normativa vigente reguladora para la implementación de sistemas

fotovoltaicos

De acuerdo con las nuevas regulaciones vigentes ARCERNNR 001-2021 que entró en vigencia en el mes de abril del 2021, cualquier persona puede instalar en sus casas o empresas, su propio sistema de energía fotovoltaica par su autoconsumo. La legalización del

sistema se hará a través de la empresa distribuidora de la región (Empresa Eléctrica), quien será la encargada de la fiscalización de los parámetros técnicos para su aprobación.

Esta normativa hace que los proyectos de energía fotovoltaica sean más viables para los consumidores. La empresa eléctrica reemplazara los medidores convencionales por uno bidireccional que tiene dos funciones básicas, la primera mantener la interconexión con la red pública y la segunda eyectar a la red pública el excedente de la energía que no se alcanzó consumir durante el día de los paneles fotovoltaicos.

Esta normativa indica que el limitante de instalación es de un 1MW para el uso corporativo y de 100 KW para el uso en el sector residencial, además de eso se indica que la firma del convenio es para 25 años renovables, esta normativa permite el uso de otros espacios que no necesariamente forman parte del predio, finalmente esta que los usuarios pueden acumular los restantes de energía hasta por 24 meses. (ARCONEL, 2020)

2.4.2 Beneficios de los proyectos fotovoltaicos

2.4.2.1 Análisis de los beneficios

La energía solar ha estado presente desde la creación del planeta tierra y nos ha servido como fuente de radiación energética para la existencia de vida en el planeta, la misma que se utiliza en la agricultura, el desarrollo de calendarios, trasformaciones de la materia, la generación de las fuerzas motrices del viento, el movimiento del agua, la construcción de instrumentos del tiempo, el desarrollo de muchos proyectos que hoy en día nos permiten seguir utilizando. Siendo este tipo de energía vital para la supervivencia de todo ser viviente.

Durante mucho tiempo y hasta la época actual se sigue dependiendo en su mayoría de los combustibles fósiles, para la generación de energía eléctrica, medios de trasportes, los mismos que en futuro no muy lejano se agotaran por completo, viene a bien indicar que a principios del siglo XX el carbón fue utilizado como el principal generador energético que cubrió el 70% de las necesidades del planeta. (Barragán E. Jaén, 2018)

La utilización de la energía fotovoltaica aparece hace pocos años, con la implementación de pequeños sistemas aislados de la red eléctrica, los cuales abastecían ligeramente el suministro eléctrico a algunos clientes. Al no estar bajo normas y reglamentos no se podían aplicar en la implementación de proyectos a gran escala, actualmente ya existen normativas vigentes y leyes que respaldan la utilización de la energía solar para la producción de electricidad. (Grijalva C, Vélez F, 2020), (TECNOSOL, 2019).

Principales beneficios de un sistema fotovoltaico están:

- El establecimiento de un propio sistema de generación de energía eléctrica.
- La disminución de los gases de efecto invernadero, por la utilización de los combustibles fósiles.
- El crecimiento competitivo con otras formas de generación de energía.
- La generación de nuevas fuentes de empleo tanto locales, nacionales e internacionales con la implantación de centrales fotovoltaicas.
- La reducción de los costos en las planillas eléctricas.
- La reducción de precios de la materia prima, ya que, al contar las empresas, fabricas, comercios entre otros, con sus propios sistemas de generación de energía eléctrica, les permitirá reducir los costos de sus artículos ofertados, permitiendo su crecimiento y desarrollo.

2.5 ENERGÍAS RENOVABLES

El uso las energías renovables a lo largo de los años utilizado por el ser humano es muy antiguo, la producción de energía solar, eólica, hidráulica eran producidas por el hombre para realizar sus tareas diarias en el hogar, para actividades de comercio y agrícolas. Hasta que se dio la llegada de la revolución industrial en el siglo XVIII, siendo las energías renovables apartadas de su producción para da paso a la utilización de recursos fósiles como son el petróleo y el carbón. Debido a que en aquellas épocas estos recursos se ofrecían como un recurso inagotable y sumamente económico. (Spiegeler & Cifuentes, 2016).

Las energías renovables son las que se obtienen de fuentes naturales inagotables, se encuentran en el agua, viento, sol. (Spiegeler & Cifuentes, 2016) En la actualidad las energías renovables son de muy fácil adquisición generando así muchas fuentes de trabajo y ayudando mucho al cambio climático que se está sufriendo en la actualidad. También podemos decir que los usos de energías renovables nos brindan un mejor acceso a energía eléctrica en zonas donde no se disponen de la misma siendo una fuente de mucha ayuda para la sociedad. (Rincón & Camargo, 2018).

2.5.1 Energía solar fotovoltaica

La energía solar es aquella que llega a la tierra mediante radiación electromagnética: Luz, calor y rayos ultravioletas proporcionadas por nuestro sol. Existen varias formas de generar energía, mediante sistemas foto térmicos y conversión fotovoltaica en sistemas fotovoltaicos.

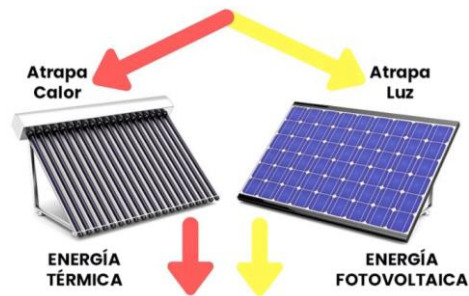


Figura 7: Energía térmica y Energía fotovoltaica.
Fuente: (cambioenergetico, 2020)

En este tema de estudio realizaremos el método de obtención por medio de conversión fotovoltaica. Esto consiste en la obtención de la energía luminosa del sol.

La energía solar fotovoltaica es el aprovechamiento de la energía solar, la cual mediante un proceso de transformación convertimos la energía solar en energía eléctrica, por medio de células solar que captaran y la transformaran en energía eléctrica. (Rua E, Moreno S, Cely L, Granados A, González A, Ramírez R, Aguirre A, Mancipe J, Rojas C, Torres E. febrero de 2020)

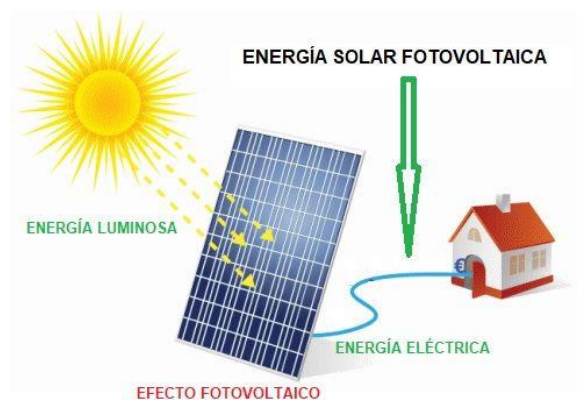


Figura 8. Proceso de obtención de energía solar fotovoltaica.
Fuente: (Area tecnologia

2.5.2 Células Fotovoltaicas

Las células o celdas solares son aquellas que mediante un proceso de conversión generan electricidad natural llamándola energía solar, la producción de energía eléctrica se da mediante un dispositivo semiconductor de dos capas el cual se encarga de la generación de corriente a través de un circuito externo generando así energía eléctrica. (Universidad Autónoma de México, 2016)

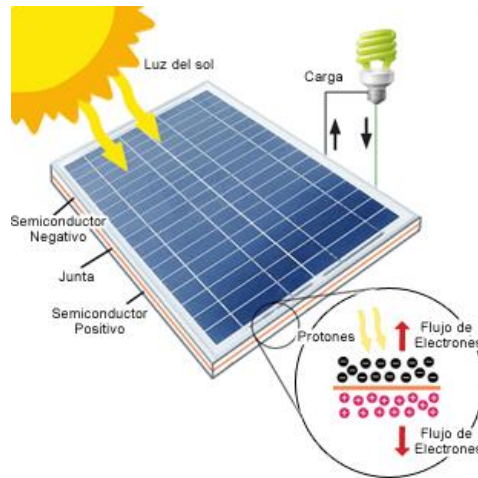


Figura 9. Obtención de la energía eléctrica mediante energía solar.
Fuente: (obtenida de apuntes wiki, energía-solar)

Las células fotovoltaicas fueron descubiertas por el francés Henri Becquerel, observando que podía generar luz haciendo brillar una luz sobre ciertas soluciones químicas. Este fue visualizado en un material sólido (metal selenio) en 1877. (Universidad Autónoma de México, 2016)

Una célula fotovoltaica de silicio que llegara a generar el 6% de la luz solar que reflejaba sobre ella en electricidad fue trabajada por Chapín, Pearson y Fuller en 1954, y esta es la clase de célula que se utilizó para los trabajos especializados en, satélites orbitales a partir de 1958. (APPA Renovables, 2017)

Actualmente existen una gran variedad de métodos para la producción práctica de células fotovoltaicas de silicio (monocristalinas, amorfas, policristalinas), a su vez para las células fotovoltaicas hechas de otro tipo de materiales (seleniuro de cobre e indio, telurio de cadmio, arseniuro de galio, etc.). (APPA Renovables, 2017).

2.5.3 Fundamentos de los sistemas fotovoltaicos

La base de las fuentes de las energías fotovoltaicas son el efecto fotoeléctrico. Fue descubierto por Becquerel en 1839. El proceso químico de generación de electricidad de los paneles solares fotovoltaicos. Estos materiales absorben la luz, y la energía de fotones excita a los electrones del material produciendo así en algunos de ellos se dispersan de sus lugares generando así cargas negativas correspondidas a los electrones excluidos. así como sus cargas positivas correspondida a los huecos dejados por los electrones. (Aulestia L, Celi M, 2017)

En la actualidad, las células fotovoltaicas en su totalidad esta formadas por silicio monocristalinos netamente puro, estas se obtienen de la arena la cual predomina en nuestra naturaleza. Estos tratamientos son muy costosos pero la demanda de producción y de fabricantes día a día van variando los precios. (Aulestia L, Celi M, 2017)

La energía fotovoltaica actualmente se encuentra en un crecimiento exponencial a nivel mundial. Las soluciones que nos brinda con el medio ambiente son las cuales llevaron a estas energías a explotar mundialmente, aunque los costos son altos, como lo mencionamos anteriormente, pero van disminuyendo cada vez más por la explotación de las mismas. Siendo así que se llega afirmar que, en los últimos de 10 años, la generación de energía solar fotovoltaica la capacidad de producción ha aumentado más de 10 veces, y se ha llegado a generar desde el 2008 unos 15 GW y en 2014 se produjo 170 GW. (Aulestia L, Celi M, 2017)

2.5.4 Efecto Fotoeléctrico

El efecto fotoeléctrico es la interacción de la radiación y de la materia. En el año de 1905 Einstein nos habla sobre este efecto, siendo cuando un fotón con energía $h\nu$ comienza a interactuar con un electrón, el fotón impartirá al electrón la misma energía a la que posee. siendo así este fenómeno no dependerá de la intensidad de la luz sin importar la potencia que exista en la fuente lumínica, si el fotón no tiene la energía necesaria para suministrar a los electrones, no se visualizara corriente alguna en los electrodos. (Meza R, Cota C, Jorge L, 2016.)

Podemos decir que el efecto fotoeléctrico es un fenómeno que se encuentra en los fotoelectrones de comunicación óptica, cuando se hace incidir una luz de determinada frecuencia sobre un metal o un semiconductor se libera electrones de su superficie produciendo así una corriente eléctrica. (Escudero, Consuelo; Jaime, Eduardo; González, Sonia, 2016.)

2.5.5 Efecto de radiación incidente

La radiación incidente depende principalmente del área geográfica en la cual se está realizando el estudio, puesto que la energía proveniente del sol que entra a la tierra es muy grande. La cantidad de energía solar que incide cada año hacia la tierra es 160 veces a la energía de las reservas mundiales de energía siendo igual al consumo anual de energía de los combustibles fósiles, nucleares y de las plantas hidroeléctricas. (IDEAM, 2015.)

Aspectos importantes que influyen en el efecto de radiación incidente disponibles en la superficie terrestre son:

- La transparencia de la atmósfera, caracterizada por su coeficiente de extinción.
- La nubosidad.
- El día del año y su duración astronómica.
- La elevación del Sol en el horizonte.
- La “heliofanía”, es el tiempo en horas durante el cual el sol tiene un brillo solar efectivo.

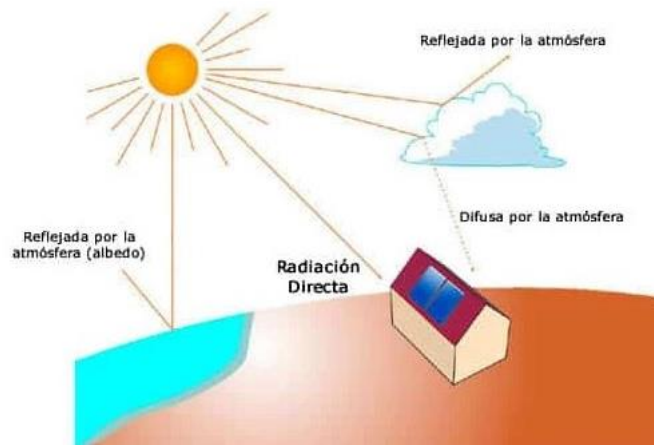


Figura 10. Aspectos importantes que influyen en el efecto de radiación incidente.

Fuente: (UAR preveneir, 2021)

2.5.6 Ventajas de la energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía inagotable la cual nos permite generar energía limpia ayudando así a nuestro planeta de los cambios climáticos que está sufriendo a causa de los seres humanos. (Méndez Javier, Cuervo Rafael, 2017.)

A continuación, observaremos las ventajas del uso de la energía solar fotovoltaica.

Tabla 1: Ventajas de uso de la energía solar fotovoltaica.

Ventajas	
I.	Son amigables con el medio ambiente.
II.	No emiten gases contaminantes
III.	No generas residuos Peligrosos
IV.	Su fácil instalación en zonas rurales y aisladas
V.	No generan ruidos de generación
VI.	Producción Infinita
VII.	Disminuye la dependencia de suministros externos

Fuente: Los autores.

2.6 Radiación Solar

Se conoce como radiación solar a un conjunto de radiaciones electromagnéticas que el sol emite a la superficie de la tierra, estas ondas electromagnéticas se pueden capturar y convertir en algunas formas de energía, como son energía solar, energía térmica, para esto utiliza una serie de tecnologías. (IDEAM, 2015.)

2.6.1 El potencial de radiación solar terrestre

Se puede decir que casi toda la energía que llega al planeta tierra procede del sol, este emite grandes cantidades de radiación electromagnética, las cuales se distinguen por sus diferentes longitudes de onda, la radiación del sol está calculada aproximadamente en 63450720 W/m^2 , en un día claro la mayoría de la energía de la estrella llega a la superficie del planeta, la radiación ultravioleta y la infrarroja son absorbidas por la atmósfera. Según la NASA indica que sobre una superficie solar los rayos solares entran a la superficie terrestre en una cantidad fija llamada constante solar (1353 W/m^2). (IDEAM, 2015.)

2.6.2 Instrumentos de medición solar

Medición de Radiación solar

Para estas mediciones existen algunos métodos de cálculo de radiación solar, en algunos casos esta información es entregada en forma de irradiancia y en forma de irradiación.

Piranómetro. – Este equipo mide la irradiancia global, para lo cual utiliza dos sensores de temperatura el uno esta libremente expuesto a la radiación solar en un plato de color negro, mientras que el otro está protegido de la misma. La diferencia de temperatura que existe entre ellos es directamente a la irradiancia, por lo que se logra la medida deseada.



Figura 11. Piranómetro medición de irradiancia global
Fuente: (UPSIN, 2015)

Pirheliómetro. – Este dispositivo posee un sistema automático de seguimiento de la luz solar, el cual apunta directamente al sol, y permite obtenerla medición de la radiación directa y la de su alrededor.



Figura 12. Piranómetro medición de radiación directa del sol
Fuente: (DARRERA, 2017)

2.6.3 Mediciones de la irradiación solar

Esta magnitud se utiliza para conocer la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética, su unidad en el sistema internacional viene dada en W/m^2 . En materia de electromagnetismo se lo define como el valor de la intensidad energética de una onda electromagnética. (Méndez Javier, Cuervo Rafael, 2017.)

2.6.4 Medición de temperatura de un módulo solar

La temperatura en los paneles solares tiene que ser adecuada para un buen funcionamiento del sistema fotovoltaico, esta temperatura puede variar debido a la presencia del viento, lluvia o de la estructura que soporta al módulo. La temperatura del módulo es medida utilizando un sensor de temperatura que está instalado en la parte inferior de una o varias celdas solares el rango de medición tiene una incertidumbre de $\leq 2^\circ C$. Los sensores se deben ubicar en el centro o junto a los módulos para una buena medición. (CNO, 2019.)



Figura 13. Sensor de temperatura con sensor de radiación solar
Fuente: (Directindustry, 2019)

2.6.5 Rendimiento y eficiencia de los paneles solares

Cuando se esté pensando en un proyecto solar hay que tener en cuenta que cuanto más rendimiento solar tenga una placa, más energía se podrá generar para el autoconsumo, esto dependerá del tamaño y potencia de los módulos fotovoltaicos. Esto se lo define como el comportamiento que tendrá la placa en condiciones reales de trabajo.

Eficiencia se puede indicar a la cantidad de energía que el módulo es capaz de generar en función de la irradiancia que recibe, en condiciones ópticas se conoce que el sol emite una irradiancia de 1000 W/m^2 de potencial sobre la superficie terrestre a partir de este dato se puede determinar la potencia de un módulo fotovoltaico. (Alfonso J, 2018.)

2.7 DIALux

DIALux nos ofrece también, la creación de toda la documentación necesaria para la presentación de nuestro proyecto de iluminación, volviéndola clara y comprensible para el cliente o el usuario no avanzado. (Instituto ECONOVA, 2021.)



Figura 14. Logo del programa de iluminación DIALux

Fuente: (DIALux, 2021)

2.7.1 Descarga e instalación de DIALux

DIALux es un programa que se encuentra disponible en la página oficial de DIALux completamente gratis tanto en dispositivos móviles como en Desktop, actualmente se encuentra en la versión DIALux evo 5.10.1.58840 con fecha de actualización del 02/03/2022. (DIALUX oficial.)



DIALux evo

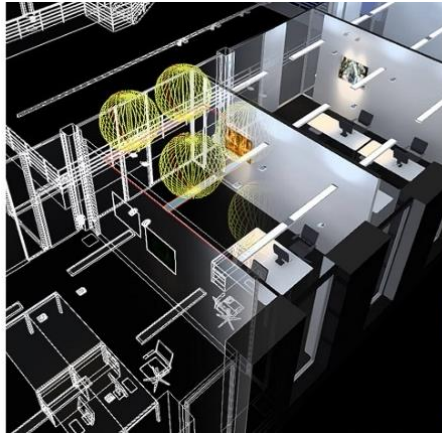


Figura 15. Ventana de inicio de DIALux evo.

Fuente: (DIALux página oficial, 2022)

Los requisitos mínimos para la instalación de DIALux son:

- CPU con soporte SSE2 4 GB de RAM (mín. 2 GB)
- tarjeta gráfica OpenGL 3.2 (1 GB de RAM)
- Windows 8.1/10 (32/64 bits)
- Resolución mín. 1920 x 1080 px

2.7.2 Manejo de DIALux para la simulación de ambientes

El manejo de DIALux a la hora de realizar simulaciones de iluminaciones es muy bueno ya que nos ofrece una variedad muy extensa de posibilidades de diseño, dependiendo cual sea el trabajo a realizar. Podemos realizar varias simulaciones tanto como en interiores como en exteriores.

2.7.2.1 DIALux en zonas interiores:

El desarrollo de diseños lumínicos en ambientes cerrados, hay una gran variedad de objetos disponibles en las librerías que las podemos descargar dependiendo lo que podamos requerir. (DIALUX oficial.)



Figura 16. Diseño de una zona de estar en DIALux.

Fuente: Los autores

Dependiendo si el espacio de trabajo al interior es muy oscuro o muy claro ira variando la necesidad de colocar la iluminación y el programa nos ayudara a calcular la luminosidad necesario en ese ambiente a trabajar. Es por esta razón que el proyecto de diseño e implementación de un sistema solar fotovoltaico para una residencia que incluye sistemas Smart home, en el cantón Paute, sector san Cristóbal, se realizara en es este software ya que nos brinda todas las herramientas requeridas para el desarrollo de cálculos de consumo requerido por la vivienda y el diseño de cómo está distribuido la misma.

2.8 Sistema de iluminación led

2.8.1 LED

De las siglas Light Emission Diode (diodo de emisión de luz), está conformado por un conjunto de diodos. Esta dispone de un pequeño chip semiconductor el cual, cuando es atravesado por una corriente eléctrica en un sentido apropiado, emite luz monocristalina sin

producir una elevada temperatura transformando así la energía eléctrica en energía luminosa cuando esta se encuentra polarizado a través de un campo eléctrico. (Manuel Déleg, 2020)

En la actualidad existen una gran variedad de opciones de luminarias LED, ya que se convirtieron en la lámpara más utilizada en la actualidad. Las luminarias LED nos ayudan a reducir el consumo de energía generándonos un gran ahorro en las planillas de consumo, ya que su consumo energético es menor, la emisión de calor y rayos UV son inferiores siendo más amigable con el medio ambiente. (Saavedra E, Rey F, Luyo J, 2017.)

2.8.1.1 Partes de la luminaria LED

La luminaria LED está compuesto por diferentes componentes los cuales hacen que la tecnología LED este a la vanguardia en el uso de luminarias más utilizadas en la actualidad, a continuación, observaremos de que componentes está constituido la luminaria LED.

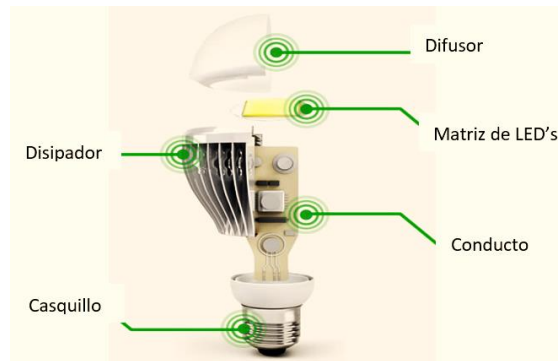


Figura 17. Partes que constituyen la luminaria LED.

Fuente: (lumichile, 2020)

2.8.1.2 Características de las lámparas LED

La iluminación LED, se trata de un dispositivo electrónico el cual incorpora una fuente de iluminación LED, con sus componentes constituyentes para el correcto funcionamiento. (Ecoluzled, 2018) Unas de las características principales de las lámparas LED son:

- Las lámparas LED generan mayor luminosidad con mucho menos consumo eléctrico.
- Las lámparas LED tienen encendido instantáneo, favoreciendo así a no generar consumos extras de electricidad.
- Las lámparas LED al trabajar en baja tensión, estas disminuyen el riesgo de sufrir accidentes eléctricos (electrocución)
- La vida de las luminarias LED es muy superior a las luminarias convencionales.
- Nos garantiza una mejor eficiencia energética esto sin disminuir las horas de uso, es amigable con el medio ambiente ayudándonos a reducir las emisiones de rayos ultravioletas e infrarrojas.

2.8.1.3 Chip

El chip de la lámpara LED es el elemento el cual se acomodan los LED's y el circuito para generar así la luz que emite la luminaria. Generalmente el chip LED es un PCB (placa de circuito impreso), que puede estar conectada en serie y en paralelo. (Lumi, 2020.)

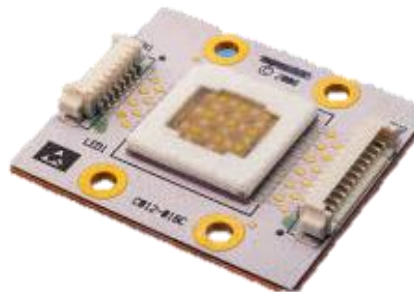


Figura 18. Chip LED
Fuente: (Lumi, 2020.)

El chip de la lámpara LED está constituido por materiales semiconductores de aproximadamente de unos 5 milímetros, siendo estos capaces de generar luz cuando se lo energiza. (Lumi, 2020.)

2.8.1.4 Disipador de calor LED



Figura 19. Disparador de calor LED.
Fuente: (Redeweb, 2017/06/4.)

Los disparadores de calor LED pueden funcionar de forma, como un disparador térmico pasivo que funciona conectando a un mecanismo LED, este desviara el calor fuera de la lámpara LED. A su vez el disparador de calor activo LED este igual expulsa el calor de la luminaria LED, con una ventaja ya que dispone de un ventilador disminuyendo así el tiempo de enfriamiento. (Spiegato, 2018)

2.8.1.5 Driver

Driver es el cual se encarga de la conversión de corriente y voltaje para el buen funcionamiento de la luminaria LED, también se lo conoce como transformador. La energía eléctrica domiciliar en gran parte del mundo se entrega en corriente alterna a 220 V, por lo cual se requiere de un driver para la conversión de voltaje, ya que los voltajes los cuales entregan las lámparas LED son 12v, 24v y 48v. (Lumi, 2020.)



Figura 20. Driver para luminaria LED.
Fuente: (sled Colombia, 2017/02/)

La tecnología LED a comparación de las luminarias tradicionales no se las conecta directamente a la corriente eléctrica, estas requieren de una pequeña fuente de alimentación básicamente para poder convertir la tensión eléctrica. Transformándolos en una tecnología mucho más segura, debido al aprovechamiento de la energía suministrada por el transformador (driver) brindándonos una mejor eficiencia energética y un correcto funcionamiento. (Spiegato, 2018,)

2.8.1.6 Óptica secundaria de la iluminación LED

En la iluminación LED, encontraremos dos tipos básicos de ópticas visuales. La óptica primaria la cual se encarga de proteger cada parte constituyente de la luminaria LED, y tenemos la óptica secundaria la cual tiene la responsabilidad de modelar la luz teniendo en cuenta el tipo de lente que disponemos en la luminaria, puede ser divergente las cuales amplían la luz o a su vez convergentes que achican el arco luminoso. (LEDBOX, 2021.)

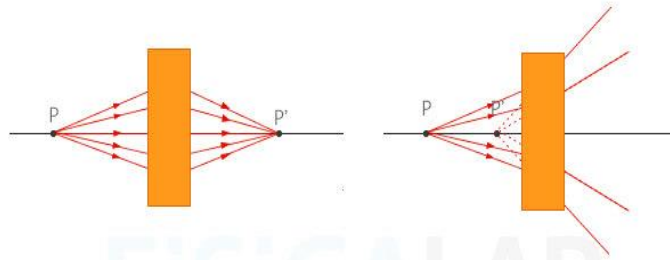


Figura 21. Óptica secundaria de iluminación LED, la cual tenemos la vista convergente y divergente.

Fuente: (Fisicalab, 2019)

2.9 La tecnología led y el confort visual

Este tipo de tecnología se basa en semiconductores que transforman la corriente eléctrica en luz. Su estructura no posee filamentos, por esa razón tienen una larga duración aproximadamente unas 50000 horas y tienen una alta eficiencia en comparación de las lámparas tradicionales. Por lo anterior descrito están sustituyendo a las lámparas incandescentes y fluorescentes. En cuanto al confort se puede decir que es la sensación agradable o molesta que un sistema de iluminación puede causar al ser humano en un determinado ambiente. (LEDBOX, 2021).

2.10 Reducción de la demanda energética a través de LED

Con la implementación de nuevas tecnologías en iluminación LED, han contribuido a la reducción del consumo energético y la contaminación ambiental por las emisiones de CO₂ a la atmósfera durante las etapas de fabricación y consumo energético.

Según estudios realizados por el Departamento de Energía de los Estados Unidos, indica que el reemplazo de las luminarias tradicionales por iluminación LED, han permitido un Ahorro de energía eléctrica de 190 TWh, esta cifra se compara con la iluminación de 95 millones de residencias. (EVOLUX, 2021).

Según investigaciones realizadas se determinó que las lámparas LED tienen un doble de eficiencia en comparación con las fluorescentes e incandescentes que la mayoría de la energía se desperdicia en forma de calor. (Delgado Rios & Sasai Pizango, 2019).

2.11 Ventajas de la tecnología LED

- ❖ Ahorro de energía eléctrica entre un 60 y 90%
- ❖ La vida útil es más prolongada en comparación con las lámparas tradicionales
- ❖ El arranque de encendido es más rápido, no emiten parpadeos
- ❖ El calentamiento es mínimo en comparación con las lámparas habituales
- ❖ No contienen gases de mercurio, argón, tungsteno y sus derivados
- ❖ La eficiencia lumínica es mayor en balance con otras lámparas
- ❖ Soportan pequeñas vibraciones y golpes.
- ❖ La tecnología LED no irradia infrarrojos ni luz ultravioleta
- ❖ Pueden soportar temperaturas bajas de hasta -40°C
- ❖ Trabajan con bajas tensiones.

2.12 Eficiencia energética

Según la Administración de Información de los Estados Unidos, indica que la eficiencia energética es el uso de un equipo tecnológico con la menor cantidad de energía eléctrica. Con el uso de tecnologías de iluminación modernas se pretende lograr la mayor eficiencia energética en los sistemas de iluminación. Según el plan energético del Ecuador se busca reducir el gasto de energía de los consumidores de forma global. (Yanza E, 2022)

2.13 LED y consumo energético

Como se había mencionado anteriormente la tecnología LED posee una alta eficiencia lumínica, cabe indicar que las luminarias LED'S tienen que tener un registro de control de calidad pasado, que garantice la eficiencia energética de la lámpara, reflejándose en una reducción del 75% del gasto de energía y un 25% de duración con respecto a las luminarias incandescentes.

De acuerdo a un estudio proporcionado por el Departamento de Energía de los Estados Unidos en el año 2027, el uso máximo de iluminación con tecnología LED, permitirá que exista un ahorro de 348 TWh de energía en relación con otras tecnologías de iluminación. Este

ahorro representa a la producción de 44 centrales eléctricas con una capacidad instalada de 1000MW, con un ahorro de 30000 millones de dólares para los Estados Unidos de Norteamérica. (INVASSAT, 2013)

CAPÍTULO 3.

3 Estudio y Análisis para la Implementación de los Paneles Fotovoltaicos

3.1 Componentes del sistema solar fotovoltaico

Son diferentes elementos los que permiten que un sistema fotovoltaico pueda entrar en funcionamiento, este sistema usa como medio principal los rayos del sol.



Figura 22. Diseño de una instalación fotovoltaica
Fuente: (Aula fácil)

3.2 Tipos de paneles solares fotovoltaicos

Los paneles solares o módulos solares son dispositivos diseñados para captar la radiación electromagnética proveniente del Sol, para su posterior aprovechamiento y transformación en diversas formas de energía útil, como son la energía térmica (obtenida mediante colectores solares) y la energía eléctrica. (obtenida mediante paneles fotovoltaicos. (Delgado F & Sasai D, 2019)

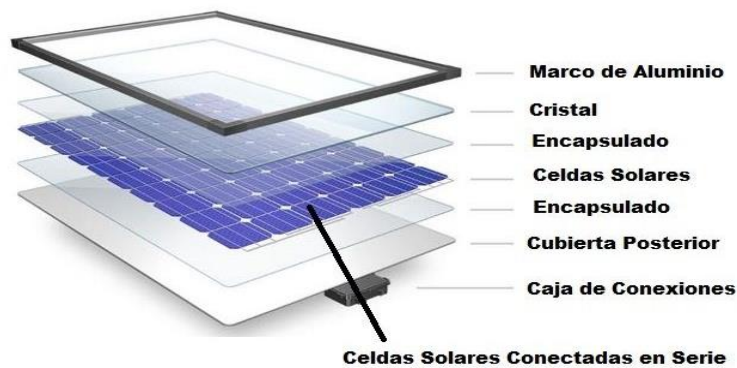


Figura 23. Estructura interna de un panel fotovoltaico

Fuente: (Área tecnología)

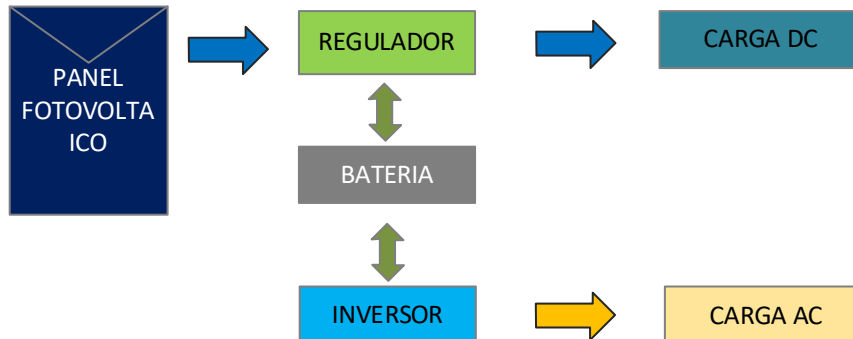


Figura 24. Diagrama básico de un sistema fotovoltaico

Fuente: Los autores

3.2.1 Paneles solares monocristalinos

Estos fueron los primeros en fabricarse a principios de los años cincuenta. Están formados por células de silicio puro que están sometido a múltiples fases de cristalización hasta obtener un solo cristal, son considerados muy eficientes en el momento de su funcionamiento y durabilidad. (Delgado F & Sasai D, 2019)

3.2.2 Paneles solares policristalinos

Estos se empezaron a utilizar en la época de los ochenta. Se construyen mediante silicio puro sometido a menos fases de cristalización, por lo que se obtienen múltiples cristales que los mencionados anteriormente. Su utilización es también amplia por los costos de fabricación. (Delgado F & Sasai D, 2019)

3.2.3 Paneles solares amorfos o de capa fina

Son los más modernos y son fabricados con silicio sin cristalizar, se depositan en forma de vapor una película de este elemento encima de una superficie de metal, plástico u otro material. Por su menor densidad requieren como mínimo el doble de espacio para alcanzar los mismos vatios. (Delgado F & Sasai D, 2019)

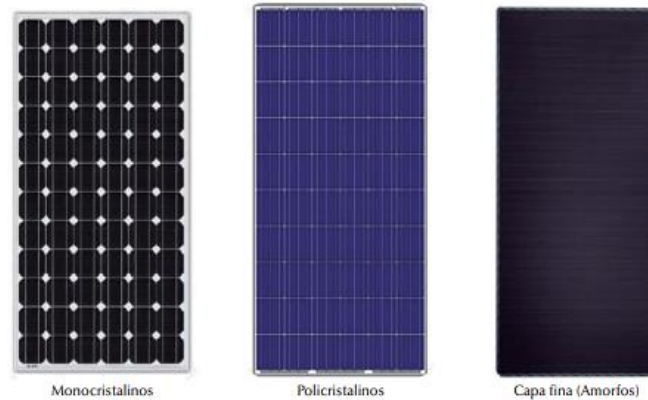


Figura 25. Tipos de paneles solares
Fuente: (Juan José Guerrero, 2020)

3.3 Comportamiento del sistema solar fotovoltaico

Cuando se habla de sistemas fotovoltaicos decimos que son instalaciones, que por medio de algunos dispositivos que lo integran, son los encargados de la producción y distribución de la energía eléctrica. Aprovechando la radiación incidente del sol. En dichos sistemas se pueden encontrar dos tipos, esto en función de sus aplicaciones, que pueden ser autónomas o interconectados a la red eléctrica. (Delgado F & Sasai D, 2019).

3.3.1 Sistemas fotovoltaicos Autónomos

Estos sistemas tienen el objetivo de producir energía para satisfacer las demandas del consumo eléctrico, pero no están conectadas a la red principal de suministro eléctrico nacional. Dichos sistemas utilizan un arreglo de baterías que pueden estar conectadas en serie o paralelo para abastecer el consumo cuando la demanda este por debajo de lo requerido. (Guerrero J.J, 2019).

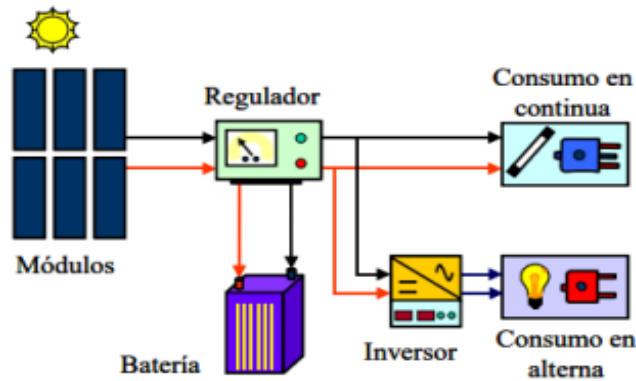


Figura 26. Sistema fotovoltaico autónomo
Fuente: (UPSIN, 2019)

3.3.2 Configuraciones típicas de los sistemas fotovoltaicos Autónomos

En este tipo de sistema existen cuatro configuraciones que se indican a continuación; en primer puesto están los sistemas domésticos (SHS), las cuales maneja cargas continuas, por lo que no es necesario utilizar un inversor. En segundo lugar, obedece si el sistema presenta cargas de corriente continua y alterna, por lo que en esta configuración se requiere un inversor para convertir la corriente DC en AC. En tercer lugar, está el sistema alimenta solo cargas en (AC) por lo que es necesario la utilización de un inversor. Por último, esta los sistemas híbridos que resultan de la combinación de un sistema autónomo con otro conectado a la red eléctrica pública, esto se lo hace cuando existe problemas del suministro eléctrico. (Guerrero J.J, 2019).

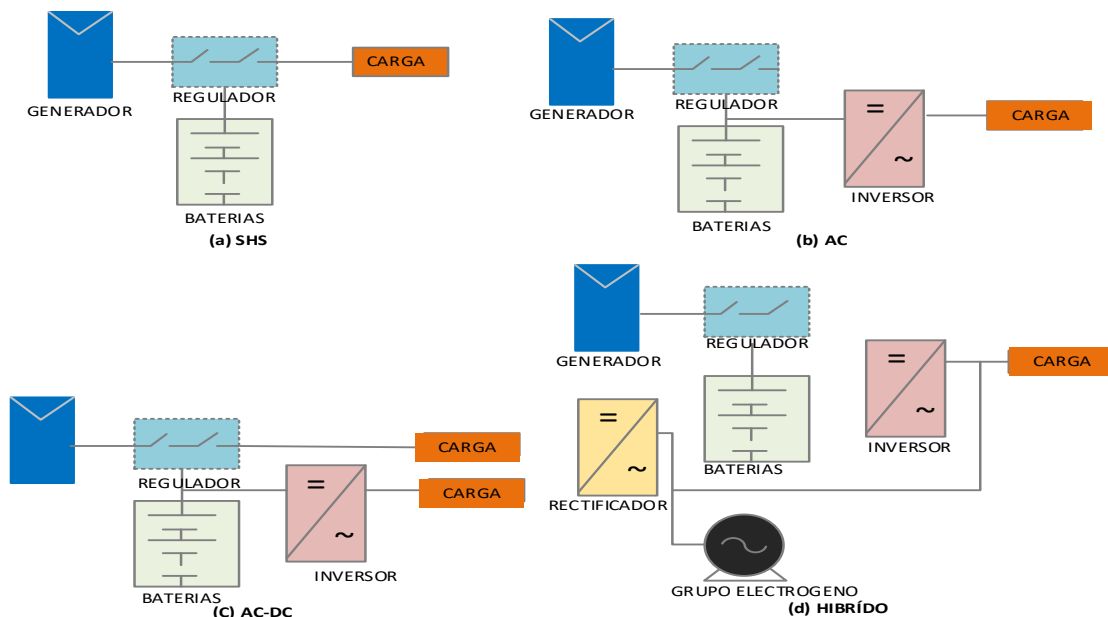


Figura 27. Tipos de Sistema fotovoltaicos autónomos
Fuente: Los Autores

3.3.3 Sistemas fotovoltaicos interconectados a la red

Estos sistemas al igual que los explicados anteriormente, tienen en común la producción de energía eléctrica bajo condiciones adecuadas, la única diferencia es que la energía que no se consume es inyectada a la red de servicio eléctrico general para otros puntos de consumo y esto beneficia al usuario económicamente. Estos sistemas se dividen en dos grupos:

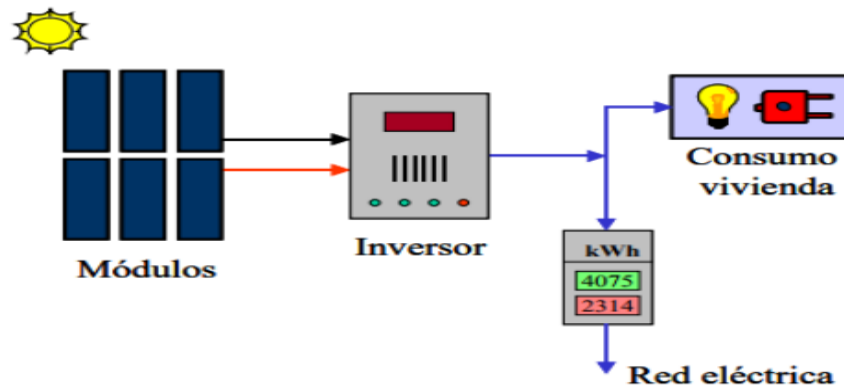


Figura 28. Sistema interconectado a la red eléctrica
Fuente: (UPSIN, 2019)

3.3.3.1 Retribución con prima (feed in tariff):

En esta configuración el propietario recibe los ingresos derivados de la energía total producida, esto no depende de lo que haya consumido, motivo por el cual no se necesitan tomar en cuenta a la hora de diseñar el sistema.

3.3.3.2 Retribución de balance neto (net metering):

Este tipo de configuración ayuda a recuperar los saldos de energía eléctrica entre el sistema fotovoltaico y la red eléctrica. Cuando la producción de energía supera lo esperado, la red pública absorbe lo excedente, de tal manera que el usuario tenga derecho a poder utilizar cuando su producción no abastezca las cargas. (Guerrero J.J, 2019)

3.4 Hora solar Pico (HSP)

Este dato nos sirve para evaluar la cantidad de energía que un panel puede producir cada día, es una definición teórica para explicar la cantidad de horas diarias que recibe energía solar el panel de acuerdo a su inclinación. Con una radiación equivalente a los $1000\text{W}/\text{m}^2$ y la radiación total que toma el mismo. (Guerrero J.J, 2019)

Ecuación:

$$HSP_{\beta} = \frac{R_{\beta}}{I_{\beta}} \quad (1)$$

En donde:

HSP_{β} : Esto representa las horas solar pico para una inclinación β

R_{β} : Es la radiación solar media diaria en KWh/m^2 día para una inclinación β

I_{β} : Constante igual a KW/m^2

3.4.1 Radiación solar en el Ecuador.

Ecuador es un país favorecido por la energía del sol, presenta altos niveles de radiación solar según el atlas solar del Ecuador donde se detallan cuidadosamente las especificaciones de radiación solar. La utilización de esta fuente de energía para cubrir las necesidades energéticas es mínima, perdiendo el país grandes oportunidades de generación de electricidad reduciendo la utilización de las fuentes de energía a base de los combustibles fósiles. (Tirado A, 2018).

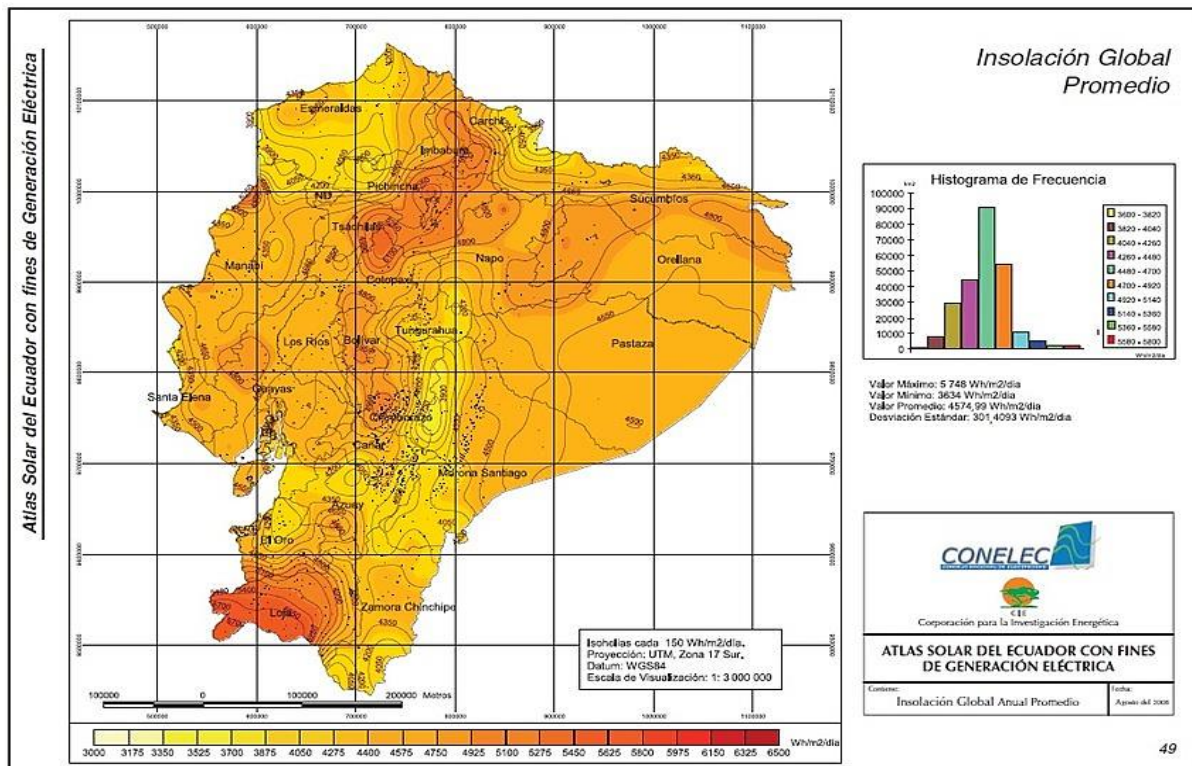


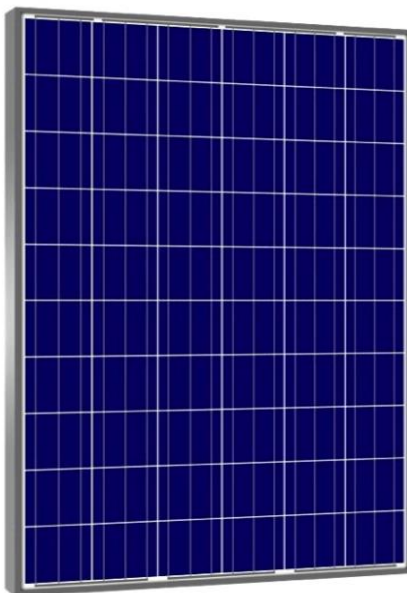
Figura 29. Atlas solar del Ecuador.
 Fuente: (CONELEC, 2021)

3.5 Potencia de los paneles solares

La potencia de los paneles solares está definida por cada fabricante y las necesidades de los clientes de la potencia de consumo de las cargas, es así que en el mercado se pueden encontrar módulos fotovoltaicos de pequeñas potencias hasta altas potencias. En la actualidad es común ver instalados estos módulos en las viviendas, fabricas, comercios etc. Estas potencias están comprendidas desde 1W hasta más de 500 W que nos pueden abastecer cargas de más 20 Amperios. (CONELEC, 2021)

La potencia de los paneles solares también está determinada por la cantidad de radiación solar que entrega la fuente solar, esto dependerá, si los días son nublados, fríos, soleados, otro factor que incide en el rendimiento y potencia del panel es la temperatura del módulo.

La unidad de medida de la potencia de los paneles esta dado en W, estos sistemas de generación entregan una potencia a lo largo del tiempo, si se considera los vatios generados en una hora, estaremos calculando en W/h. Las instalaciones fotovoltaicas se calculan tomando en cuenta los valores máximos que producen los componentes en condiciones óptimas. Esta potencia se puede leer como Wp o Watt pico, también se puede leer como Pmax o potencia Máxima. (CONELEC, 2021)



Electrical characteristics

<i>P_{max}, V_{oc}, I_{sc}, V_{mp} and I_{mp} at STC (1000W/m², 25°C, AM 1.5):</i>								
Maximum Power (P _{max})	225W	230W	235W	240W	245W	250W	255W	260W
Open Circuit Voltage (V _{oc})	36.8V	36.9V	37.0V	37.1V	37.2V	37.3V	37.4V	37.5V
Short Circuit Current (I _{sc})	8.16A	8.31A	8.42A	8.52A	8.62A	8.72A	8.82A	8.91A
Maximum Power Voltage (V _{mp})	30.1V	30.2V	30.3V	30.3V	30.4V	30.5V	30.6V	30.7V
Maximum Power Current (I _{mp})	7.48A	7.62A	7.76A	7.92A	8.06A	8.20A	8.34A	8.48A
Module Efficiency (%)	13.8	14.1	14.4	14.7	15.0	15.3	15.6	15.9

Temperature Coefficients

Temperature Coefficients of P _{max}	-0.43 %/°C
Temperature Coefficients of V _{oc}	-0.33 %/°C
Temperature Coefficients of I _{sc}	+0.056 %/°C

Absolute Maximum Limits

Maximum System Voltage	1000V DC
Module Operating Temperature	-40°C to +85°C
NOCT	45°C±2°C

Figura 30. Placa de las características técnicas de los paneles solares.
Fuente: (Tecnosolab, 2021)

3.5.1 Conexión de paneles en serie

Este tipo de conexión se realiza cuando se quiere obtener más voltaje, la conexión se realiza el terminal positivo de un terminal con el siguiente terminal del otro panel, quedando

libre los otros dos extremos para la conexión al regulador. Siguiendo la ley de Ohm el voltaje de suma y la corriente es la misma para cualquiera de ellos. (Avalos E, CIMAV)

PANELES SOLARES EN SERIE

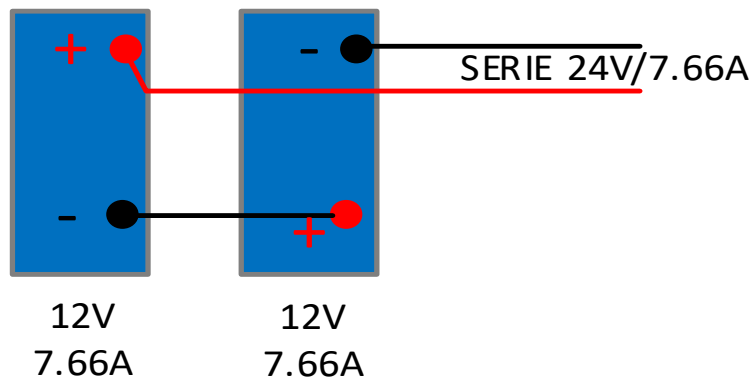


Figura 31. Placas solares conectadas en serie.

Fuente: Los autores

3.5.2 Conexión de paneles en paralelo

Este tipo de configuración nos sirve cuando queremos mantener el mismo voltaje y elevar la corriente, la conexión se hace uniendo por un lado todos los positivos y por el otro lado todos los negativos. Es importante indicar que en este tipo de conexión todos los paneles tienen que tener la misma tensión, de no darse esta condición el panel de menor tensión actuara como una carga tomando parte de la corriente del resto, afectando al funcionamiento del sistema. (Avalos E, CIMAV)

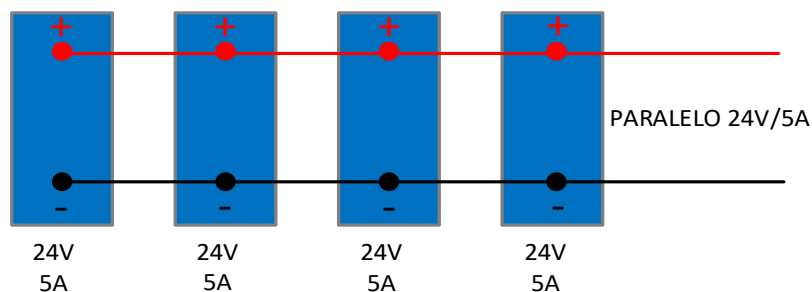


Figura 32. Placas solares conectadas en paralelo.

Fuente: Los autores

3.5.3 Conexión de paneles en serie y paralelo

Esta conexión implica que la conexión de paneles solares está distribuida en serie y sus terminales de salida están en paralelo, este tipo de configuración se usa cuando se desea obtener voltajes y corrientes en la salida muy determinadas, ahí es donde se aplica esta configuración. Importante citar que para esta conexión se tiene que hacer donde exista más de cinco paneles y sus potencias sean superiores a los 200Wp. (Avalos E, CIMAV)

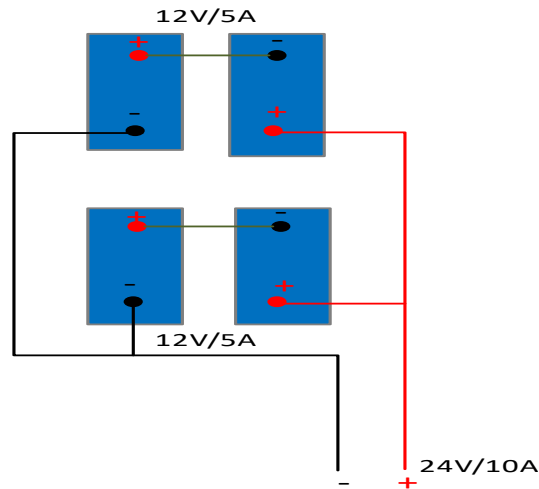


Figura 33. Placas solares conectadas en serie y paralelo.
Fuente: Los autores

3.6 Regulador de Carga

Este elemento es muy importante en una instalación fotovoltaica, ya que es el encargado de regular el voltaje de carga de las baterías, para su diseño se requiere conocer como dato la tensión y la corriente máxima requerida, ya que un mal dimensionamiento podría afectar las cargas de las baterías.

Su objetivo es registrar el funcionamiento óptimo del sistema, previniendo una sobrecarga y descargas de las baterías, las fallas del sistema se pueden visualizar en una pantalla del mismo elemento. (Avalos E, CIMAV)



Figura 34. Reguladores de voltaje de paneles solares.
Fuente: (Ernesto Rodríguez, 2020)

Importante mencionar que los reguladores PWM se usaran solo en instalaciones fotovoltaicas con potencias menores a los 200W, en el resto de instalaciones siempre se utilizaran reguladores MPPT

3.6.1 Reguladores en serie

En esta conexión se incorporan interruptores, electrónicos o electromecánicos, que cumplen con la función de desconectar los paneles solares cuando la tensión incrementa por encima de un valor de referencia. Por la noche el circuito de carga se desconecta de las baterías, para evitar que las baterías se descarguen en el panel fotovoltaico y puedan dañar los paneles solares. Este tipo de configuración se utiliza hoy en día en todas las instalaciones. (Alvarado J, 2018).

3.6.2 Reguladores en paralelo

En este tipo de regulador el exceso de voltaje se controla mediante una resistencia, estos reguladores han de disipar toda la corriente de salida de los paneles cuando las baterías alcanzan la plena carga para el funcionamiento del sistema. Este tipo de regulador hoy en día está cayendo en desuso por las pérdidas de potencia y la reducción máximo del voltaje de carga. (Alvarado J, 2018)

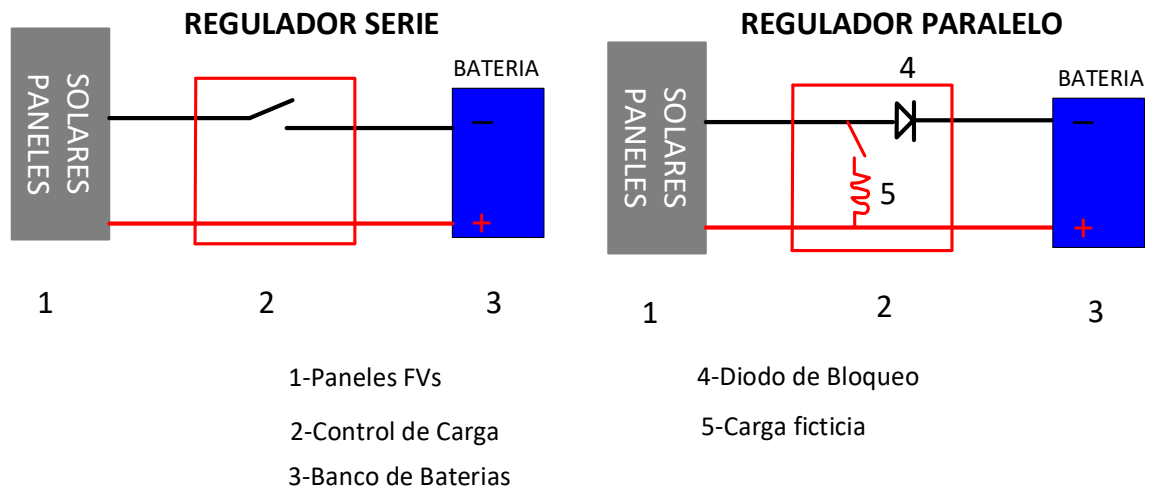


Figura 35. Conexión de reguladores en serie y paralelo.
Fuente: Los Autores

3.7 Inversor de voltaje

Los inversores de voltaje tienen la función de convertir el voltaje de corriente continua que sale del panel solar a la corriente alterna que será utilizada por las cargas de CA. Entre las características principales tenemos el voltaje, la potencia de salida y su eficacia al momento de funcionar con las cargas conectadas. Entre los tipos de inversores podemos encontrar monofásicos y trifásicos, que según su forma de onda pueden ser: inversores de onda cuadrada, onda sinusoidal modificada y onda sinusoidal pura. (Alvarado J, 2018)

3.7.1 Onda Cuadrada

Este tipo de inversor son económicos, pero generan más problemas de funcionamiento, ya que producen armónicos, que provocan interferencias, no se pueden utilizar en los motores de inducción, se usaron para alimentar lámparas, televisores, ordenadores, ya no son muy utilizados han sido reemplazados por los de onda sinusoidal modificada. (Alvarado J, 2018).

3.7.2 Onda Sinusoidal Modificada

Estos tipos de inversores utilizan la modulación PWM (modulación por ancho de pulso), la onda es modificada acercándose a la onda sinusoidal pura. El contenido es menor en armónicos que una onda cuadrada. Ofrecen una mejor calidad y precio para la conexión en sistemas de iluminación y fuerza. (Alvarado J, 2018)

3.7.3 Onda Sinusoidal pura

Con el arreglo de componentes electrónicos se logra una onda sinusoidal más pura. Estos tipos de inversores son caros debido a sus características, aplicables de forma segura en motores de inducción, aparatos de precisión.

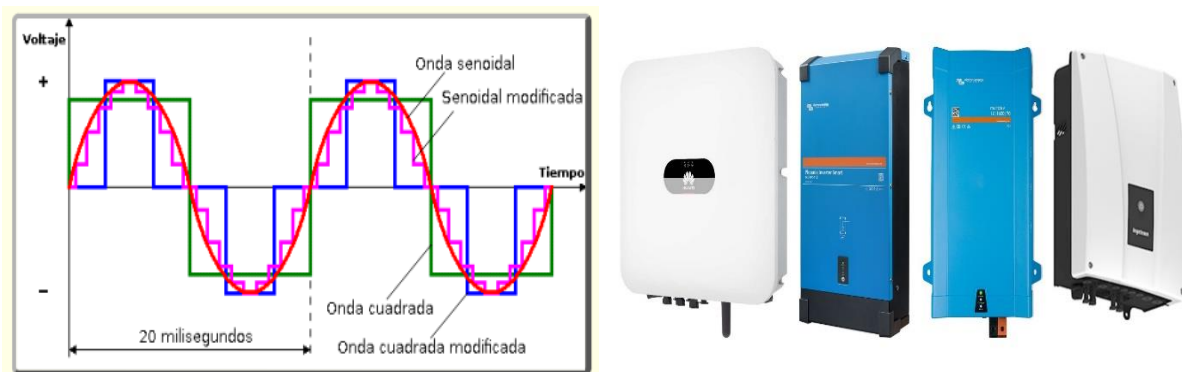


Figura 36. Tipos de inversores según su forma de onda.
Fuente: (José Luis Pueyo Serrano, 2020)

3.8 Baterías o Acumuladores

La energía solar procedente del sol no es constante en los paneles fotovoltaicos, por algunas razones como el clima, la duración de la noche, las estaciones del año, también existen algunos factores que pueden causar variaciones de la energía en los paneles solares.

Estos hechos hacen que nos veamos obligados a utilizar algún sistema de almacenamiento de energía, que ayude a suplir la energía que se necesita para alimentar las cargas conectadas al sistema fotovoltaico.

Las baterías son elementos que convierten la energía química en energía eléctrica. Su funcionamiento en una instalación solar se basa en la generación de la energía, almacenamiento de energía y el consumo eléctrico. Las baterías son cargadas con la energía que producen los paneles solares, a través del regulador de carga que controla la tensión de carga de la batería. (Alvarado J, 2018).

3.8.1 funciones importantes de las baterías en las instalaciones FV

Tres son las funciones que tienen las baterías en los sistemas fotovoltaicos.

- Almacenamiento de energía durante varios días.
- Entregar potencia rápida y elevada.
- Establecer una tensión de funcionamiento de la instalación.

Entre los parámetros más importantes que se tiene al momento de comprar una batería es su capacidad. Esta se lo define como la cantidad que esta puede acumular en una carga completa se mide en Amperios hora (Ah). (Simbaña N, 2021).

3.9 Características de las baterías

Entre las principales características que tiene una batería están las siguientes:

3.9.1 Eficiencia de carga

Es la relación utilizada para recargar la batería y la energía realmente almacenada. Siempre interesa que esta sea de un valor lo más alto posible próximo al 100%, esto significa que toda la energía acumulada para la recarga es realizable para la utilización en la salida de la instalación. (Simbaña N, 2021).

3.9.2 Autodescarga

Es el proceso por el cual la batería, sin estar en funcionamiento se descarga hasta un mínimo valor de tensión. (Simbaña N, 2021).

3.9.3 Profundidad de descarga

Conjunto de energía, que se expresa en tanto por ciento, que se logra de la batería durante una descarga. Partiendo de un acumulador completamente cargado, de esto dependerá la duración de la vida útil de la batería. (Simbaña N, 2021).

3.10 Tipos de Baterías

Los acumuladores se clasifican de acuerdo a su tecnología utilizada y los electrolitos utilizados. En la siguiente tabla se puede apreciar las principales baterías que existen en el mercado, y sus características más importantes.





En las instalaciones de sistemas fotovoltaicos las baterías que más se usan son de plomo-acido por las características que estas presentan. En este tipo de baterías nos podemos encontrar con algunos modelos en la siguiente tabla vamos a observar las ventajas e inconvenientes que presentan este tipo de baterías. (Simbaña N, 2021).

Tabla 2. Características de los diferentes tipos de baterías.

Tipo de batería	Tensión por paso (V)	Tiempo de recarga	Autodescarga por mes	N° de ciclos	Capacidad (por tamaño)	Precio
Plomo-acido	2	8-16 horas	< 5%	Medio	30-50 Wh/kg	Bajo
Ni-Cd (Níquel-Cadmio)	1,2	1 hora	20%	Elevado	50-80 Wh/kg	Medio
Ni-Mh (Níquel-metal hydride)	1,2	2-4 horas	20%	Medio	60-120 Wh/kg	Medio
Li ion (ion litio)	3,6	2-4 horas	6%	Medio-bajo	110-160 Wh/kg	Alto

Fuente: Los autores.

Tabla 3. Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de baterías.

Tipo	Ventajas	Desventajas	Aspecto del modelo
Tubular estacionaria	-Ciclado profundo. -Tiempos de vida largos. -Reserva de sedimentos.	-Precio elevado. -Disponibilidad escasa en determinados lugares.	
Arranque (SLI, automóvil)	-Precio. -Disponibilidad.	-Mal funcionamiento ante ciclado profundo y bajas corrientes. -Tiempo de vida corto. -Escasa reserva de electrolito	
Solar	Fabricación similar a SLI. Amplia reserva de electrolito. Buen funcionamiento en ciclados medios.	Tiempos de vida medios No recomendado para ciclados profundos y prolongados.	
Gel	Escaso Mantenimiento	Deterioro rápido en condiciones de funcionamiento extremos de V-I	

Fuente: Los autores.

3.10.1 Banco de baterías

Los acumuladores pueden conectarse en serie o paralelo dependiendo lo que se quiere conseguir, si es voltaje o corriente. Por ejemplo, si se conectan tres baterías en paralelo de 12 voltios a 90Ah en la salida obtendremos 12V a 270 Ah, si se conectan tres baterías en serie de 12 voltios a 90 Ah conseguiremos en la salida una tensión de 36V a 90 Ah. (Simbaña N, 2021).

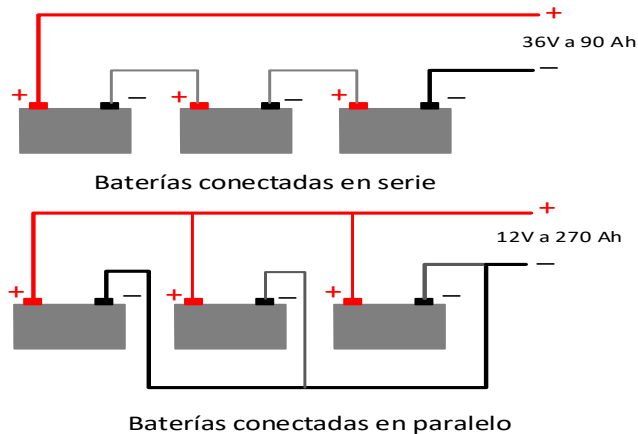


Figura 37. Banco de baterías en serie y paralelo

Fuente: Los autores

3.11 Mantenimiento de las placas solares

Los módulos fotovoltaicos tienen la ventaja de que necesitan un mínimo mantenimiento. Por esta razón son ideales en lugares que se necesita autonomía de funcionamiento. Los paneles tienen una protección de vidrio templado de un espesor de 3 a 3.5 mm que los vuelve resistentes ante cualquier impacto. También admiten cualquier tipo de variación de clima, la inclinación de los módulos, no deberá ser menor a los 15°, para que resbale por el frente la suciedad con la ayuda de la lluvia. (AS TECHNOLOGY)

Es importante mencionar que siempre se debe revisar que el vidrio este limpio, para su limpieza use agua con detergente. A continuación, se mencionan algunas consideraciones:

- ❖ Confirmar que no hay sombras de objetos cercanos que impidan la radiación solar desde que sale y se opone.
- ❖ Comprobar que el ángulo de inclinación sea el correcto y no cambien en ningún momento
- ❖ El módulo tiene que estar libre de suciedad y sin presencia de sombras, si se observa impurezas en el módulo hay que realizar la limpieza respectiva usando una tela suave que no raye el vidrio.
- ❖ Examinar que todas las conexiones estén bien ajustadas, sin indicios de oxidación y suciedad o acumulación de insectos.
- ❖ No permitir que las aves u otros animales se posen en el módulo, ya que pueden ensuciar o desconectar algo de la conexión.
- ❖ Evitar que se lancen objetos sobre el vidrio ya que pueden fracturar el módulo y dañar el sistema.
- ❖ Realizar un mantenimiento periódico de limpieza de los paneles fotovoltaicos.

3.11.1 Formato para la revisión de un Módulo Fotovoltaico

Tabla 4. Inspección periódica para los módulos fotovoltaicos.

Inspección periódica de un módulo fotovoltaico	
Descripción de los puntos de inspección	Marque √ Bien
	Marque X Mal
Verificar que no haya proyección de sombras sobre el módulo.	
Limpieza del módulo (use un paño suave, agua y detergente no abrasivo).	
Revisar los terminales y conexiones; en busca de terminales flojas, corroídas o golpeadas, apriete y/o reemplace si es necesario.	
Verificar el ángulo de inclinación del módulo y corregir si es necesario.	
Medir la corriente de fuga del módulo de acuerdo a los parámetros del módulo.	
Medir la resistencia de aislamiento del módulo.	
Medir la continuidad a tierra del módulo	
Medir el voltaje de salida del módulo según las características que indica el fabricante	
Revisar el apriete de los tronillos de montaje en la estructura	
Revisar la estructura a ver si no existe perforaciones, oxidación del módulo.	
Observaciones:	
Nombre y firma del responsable de la inspección	Fecha:

Fuente: Los autores.

Capítulo 4.

4 Diseño del sistema fotovoltaico a instalarse

Se realizará el respectivo dimensionamiento de la factibilidad del uso de la energía solar en San Cristóbal, cantón Paute el cual se manejará un software para el cálculo de viabilidad en el lugar antes mencionado, por ende, realizaremos el cálculo de paneles solares a utilizarse, inversor a utilizar y cuantas baterías serán necesarias para cubrir la demanda de la vivienda.

4.1 Dimensionamiento del sistema solar a utilizarse

4.1.1 Ubicación geográfica

Realizaremos el mapeo del lugar donde se va a realizar el proyecto de grado, en el que se instalaran los paneles fotovoltaicos para solventar la iluminación de la vivienda. Mediante la ayuda de google mapa podremos visualizar el lugar donde se realizará el trabajo dándonos coordenadas exactas de la ubicación geográfica.

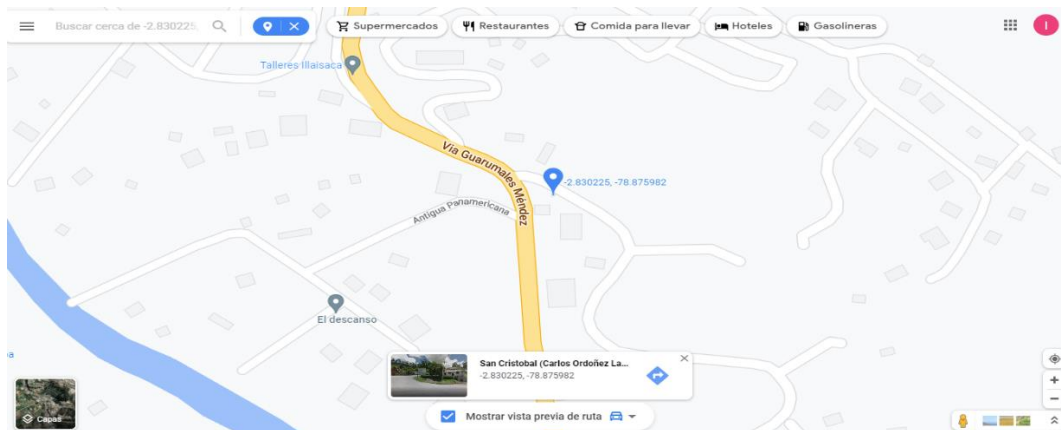


Figura 38. Localización de la vivienda a instalarse los paneles fotovoltaicos.

Fuente: Google Maps

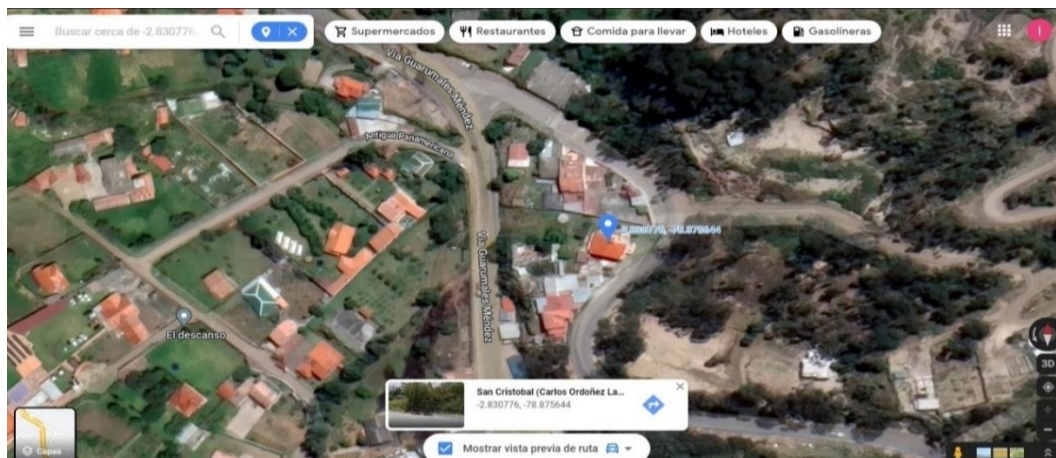


Figura 39. Localización de la vivienda a instalarse los paneles fotovoltaicos capturado en 3D.

Fuente: Google Maps

Como podemos observar la ubicación geográfica de la vivienda, se encuentra ubicado en la provincia del Azuay, cantón Paute. Se realizará el respectivo muestreo de radiación solar para la implementación de paneles fotovoltaicos para abastecer la iluminación con esta energía renovable y lograr el abastecimiento propuesto en la vivienda.

4.1.2 Dimensionamiento mediante el software HOMER pro

Mediante el software HOMER pro realizaremos el cálculo de factibilidad para el uso de energía fotovoltaica en la vivienda permitiéndonos así obtener los datos necesarios para el desarrollo de la instalación del sistema fotovoltaico.

El software HOMER pro es un programa la cual nos permite realizar el diseño de proyectos de energías renovables orientados a sistemas híbridos, esta es una herramienta muy útil la cual a la hora de realizar estos proyectos es uno de los más adecuados y completos para realizar este tipo de trabajos. (Energypedia, 2018.)



Figura 40: Logo del software HOMER Pro.

Fuente: (HOMER Pro, 2021)

El software HOMER Pro es un programa de paga el cual nos ofrece una prueba gratuita por 21 días, el software nos permite la simulación, mejoramiento, análisis de sensibilidad, y módulos a utilizarse. A continuación, realizaremos el análisis requerido para nuestro sistema en la ubicación San Cristóbal en el Cantón Paute.

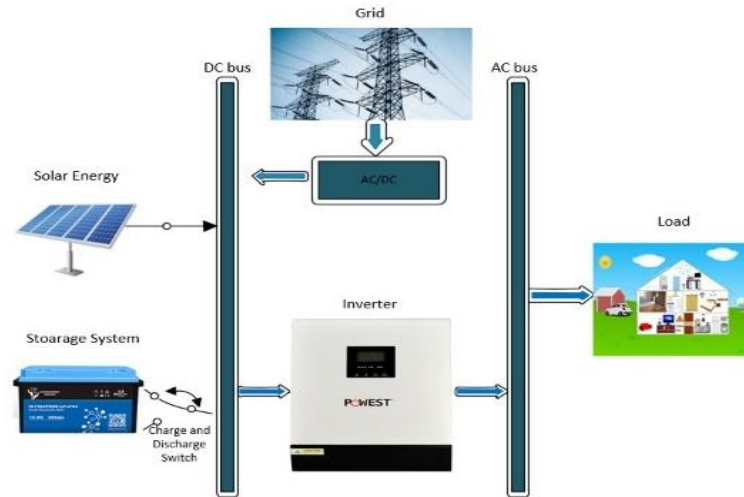


Figura 41. Diagrama de conexión del sistema fotovoltaico conectado a la red en HOMER PRO.

Fuente: Los autores.

Como se puede observar en la figura 41, se realizó el diagrama de conexión, el cual se procedió a realizar la simulación en software antes mencionado. Entregándonos datos de la radiación solar en el lugar a implementar este sistema, siendo estos fundamentales para el cálculo, de los equipos a utilizarse.



Figura 42. Cálculo de irradiación solar en la zona donde se implementó el sistema fotovoltaico.

Fuente: Los autores

Como podemos observar, luego de simular en la parte de la izquierda de la figura 42, tenemos la radiación que se genera en la zona, la cual permite realizar los cálculos, que se utilizaran en la residencia donde se implementara este sistema.

4.2 Energía total de consumo en el circuito de iluminación

El cálculo de consumo del circuito de iluminación está dado por todas las luminarias conectadas al sistema fotovoltaico la cual se realizó previamente el diseño de como quedara la vivienda con las luminarias a instalarse, sabiendo así el consumo total que obtendremos del circuito de iluminación.

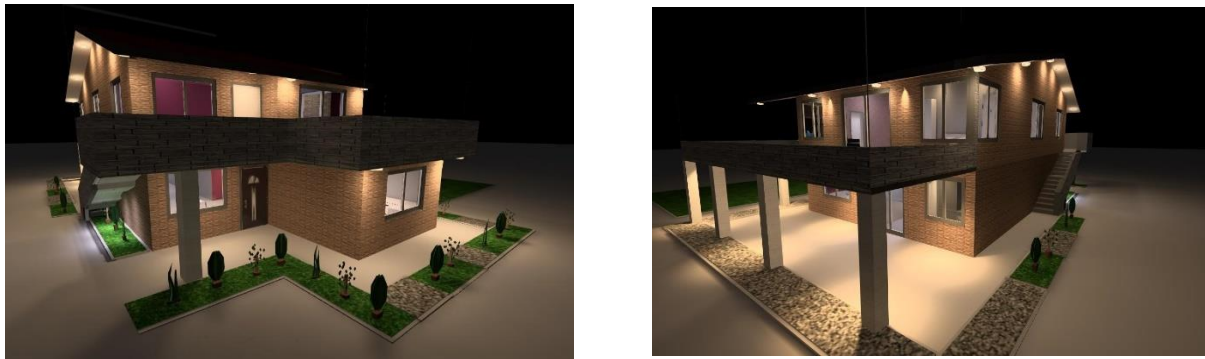


Figura 43. Diseño final de como quedara la vivienda en la residencia a solventar el consumo lumínico.

Fuente: Los autores.

Luego de haber realizado el diseño de cómo estará distribuido la iluminación en la residencia procedemos a realizar el cálculo del consumo de energía a consumirse por lo que se realizó una tabla de consumo total para nuestro sistema fotovoltaico a solventar.

Tabla 5. Resultados de consumo total requerido en la vivienda.

DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA - VIVIENDA EL DESCANSO										
TDO - Servicios Generales										
CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	CARGA INSTALADA (W)	FACTOR DEMANDA	DEMANDA DIVERSIFICADA (W)	FASES			CORRIENTE (A)	CALIBRE (AWG)	PROTECCIÓN (A)
					R	S	T			
1	Iluminación Exterior	560	0,7	392	392	-	-	3,25	14	1 x 16
2	Iluminación planta baja	260	0,7	182	-	182	-	1,51	14	1 x 16
3	Iluminación planta alta	148	0,7	103,6	103,6	-	-	0,86	14	1x16
4	Tomacorrientes cocina especial									
5	Tomacorrientes especial lavandería									
6	Tomacorrientes dormitorio	800	0,5	400		400		3,31	10	1x20
7	Tomacorrientes cocina									
8	Tomacorrientes lavandería, baños									
9	Tomacorrientes sala, comedor									
TOTAL		1768		1077,6	495,6	582	0	8,93	2 x 6 (6)	

	TD0		
CARGA INSTALADA TOTAL (W):	1768		
DEMANDA MÁXIMA TOTAL (W):	1077,6		
FACTOR DE DIVERSIFICACIÓN:	0,7		
FACTOR DE POTENCIA:	0,92		
CÁLCULO RESIDENCIAL (kVA):	0,82		
	CARGA INSTALADA TOTAL (W):	1768	
	DEMANDA MÁXIMA TOTAL (W):	1077,6	
	FACTOR DE DIVERSIFICACIÓN RESIDE	0,75432	
	FACTOR DE DIVERSIFICACIÓN COME	0	
	FACTOR DE POTENCIA 0,92:	0,81991	
	CÁLCULO TOTAL RESIDENCIAL (kVA)	0,82	

Fuente: Los autores.

Como podemos observar en la tabla 5, el consumo total que requerimos para solventar la vivienda de ciertos implementos eléctricos es de 0.82 Kva. Estos consumos están dados por la iluminación tanto de la primera planta, segunda planta y la iluminación exterior, así como los tomacorrientes de los dormitorios

a continuación, aplicando el resultado ya en términos de potencia aparente se explica mediante la siguiente formula:

$$KVA = \frac{\frac{Kw}{1000} * F.D}{0.92} \quad (2)$$

$$KVA = \frac{\frac{1077,6}{1000} * 0.7}{0.92} = 0.82 KVA \quad (3)$$

Luego de haber realizado el cálculo del consumo total generado en la vivienda en iluminación y en ciertos tomacorrientes, se procederá a realizar los cálculos respectivos para el sistema fotovoltaico y poder así reducir los costó de planilla de consumo de energía eléctrica.

4.3 Ubicación de las luminarias

Luego de haber realizado el diseño de la vivienda, se tomó en cuenta la distribución de las luminarias para dar un ambiente cálido a la misma, la iluminación será totalmente de tecnología LED, ya que este tipo de luminarias nos brindan una mejor eficiencia energética y más durabilidad, podremos observar los planos de distribución de las luminarias en la vivienda, estas fueron realizadas en AUTOCAD como se muestra a continuación.

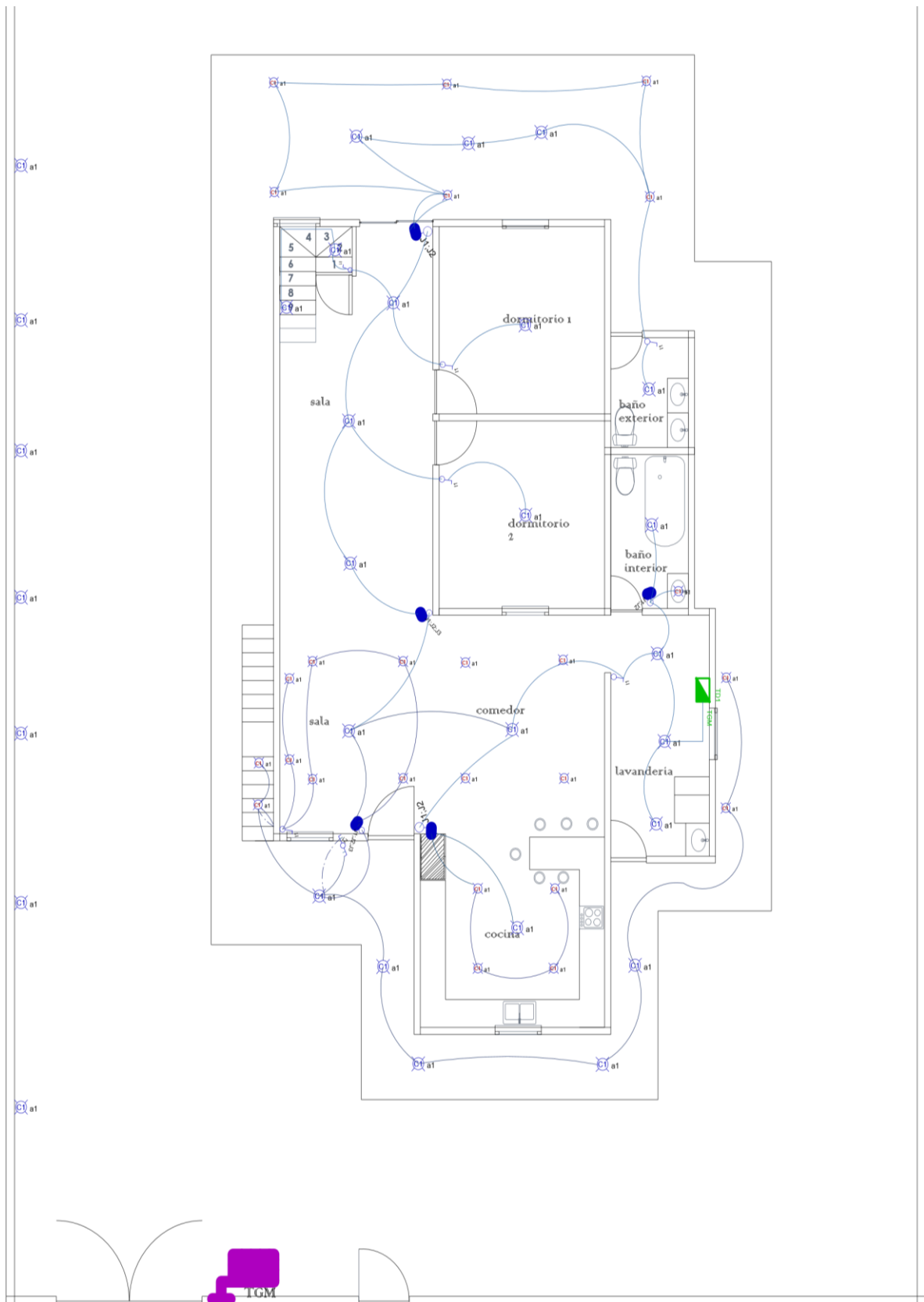


Figura 44. Diseño lumínico de la plata baja de la vivienda (CAD).
Fuente: Los autores

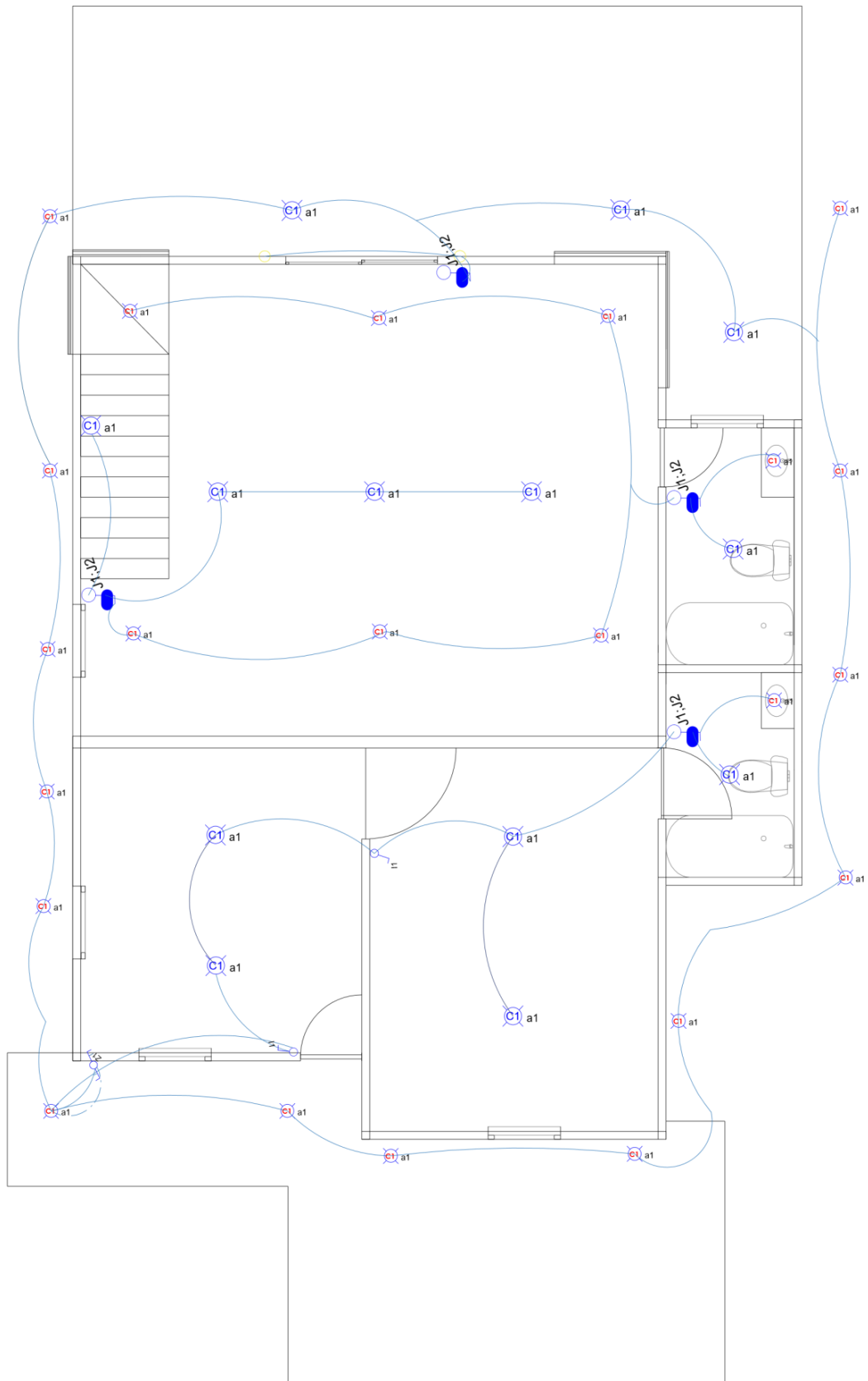


Figura 45. Diseño lumínico de la plata alta de la vivienda (CAD).
Fuente: Los autores.

4.4 Cálculo y selección del número de paneles solares a utilizarse

El cálculo de los paneles fotovoltaicos a utilizarse lo dimensionaremos dependiendo del cuadro de consumo que se vaya a conectar al sistema mediante estos datos realizaremos los cálculos necesarios de los equipos a utilizarse. El consumo generado será de 1077.6 Wh/día.

Para la obtención del número de paneles a utilizarse, debemos tener en cuenta los datos recogidos en el capítulo 3.1. en el que se obtuvo los datos de radiación solar en la zona a realizarse el proyecto, en el cual se determinó que en el mes de junio siendo el mes de menor radiación se obtuvo 4.141935 (KWH/m² día).

Tabla 6. Tabla de radiación solar máxima y mínima en el lugar a realizar la instalación.

MES	Hs (kWh/m ² día)	Energía Total (Wh/día)	Corriente Máxima
Enero	5,3516	1077,6	8,39
Febrero	4,9392	1077,6	9,09
Marzo	4,9161	1077,6	9,13
Abril	4,3064	1077,6	10,42
Mayo	4,5387	1077,6	9,89
Junio	4,1419	1077,6	10,84
Julio	4,5483	1077,6	9,87
Agosto	4,4096	1077,6	10,18
Septiembre	4,4935	1077,6	9,99
Octubre	5,2741	1077,6	8,51
Noviembre	5,4290	1077,6	8,27
Diciembre	5,3709	1077,6	8,35

Fuente: Los autores.

$$HSP = \frac{\text{Radiacion solar minima Kwh/m}^2}{1Kw/m^2} \quad (4)$$

$$HSP = \frac{4.1419Kwh/m^2}{1Kw/m^2} \quad (5)$$

$$HSP = 4.1419 \quad (6)$$

4.4.1 Cálculo de paneles solares

Los paneles solares que se utilizarán en la instalación, serán de tipo monocristalinos, como se explicó en los anteriores capítulos este tipo de módulo fotovoltaico nos brinda mejor rendimiento que los módulos policristalinos. A continuación, se realizará el cálculo de los paneles solares mediante las siguientes formulas.

$$N_{pn} = \frac{Cd}{HSP} \quad (7)$$

Donde:

N_{pn} = Potencia de los paneles solares

Cd = Consumo diario

HSP = Hora solar pico con menos irradiación solar en el año, en este caso es el mes de junio con 4.1419.

$$N_{pn} = \frac{1077.6}{4.1419} \quad (8)$$

$$N_{pn} = 275.170 \text{ W} \quad (9)$$

La potencia necesaria que tendrá la residencia esta dado en el capítulo 3.2, en la tabla 5. La potencia que se obtuvo anteriormente se la multiplicara por un margen de seguridad el cual será 25% y nos quedara así:

$$N_{pn} = 275.170 \text{ W} * (1.25) \quad (10)$$

$$N_{pn} = 343,9625 \text{ W} \quad (11)$$

Luego de haber calculado la potencia necesaria de los paneles fotovoltaicos, se procederá al dividir este valor para la potencia de los paneles a utilizar en la instalación, en este caso los paneles a realizar la instalación son de 275W. Bernal Luis E. (2021)

$$Pf = \frac{N_{pn}}{\text{Potencia de los paneles a utilizar}} \quad (12)$$

$$Pf = \frac{343,9625 \text{ W}}{275 \text{ W}} \quad (13)$$

$$Pf = 1.59 \quad (14)$$

$$Pf = 2 \quad (15)$$

Como se puede observar en la ecuación 15, es necesario el uso de dos módulos fotovoltaicos para solventar la carga de consumo lumínico y de fuerza que se tiene en la vivienda. El propietario de la vivienda ya dispone de cuatro módulos fotovoltaicos los cuales son de 275 W respectivamente, se le realizo la instalación de los mismo colocándolos en las dos hojas de la cubierta de la vivienda, dado que cuando el sol sale por el este, los módulos fotovoltaicos captaran la mayor radiación producida y entregaran a la vivienda, de igual manera cuando el sol se encuentre en la parte oeste, estarán conectados dos módulos fotovoltaicos estos captaran la mayor radiación solar producida y entregaran a la residencia.



Figura 46. Modelo de como quedara la instalación en la residencia.

Fuente: Los autores

La carga de consumo que se requiere para solventar es de 1077,6 Wh/día, a continuación, veremos las características técnicas de la placa fotovoltaica a utilizar.

Se realizó la investigación respectiva de los módulos fotovoltaicos a utilizar, estos son de la marca YINGLI SOLAR, son una de las marcas más vendidas a nivel de Sudamérica por su experiencia en el mercado, por la garantía que brinda y por la variedad de módulos de diferentes potencias que ofrece.

Tabla 7. Característica técnica del panel fotovoltaico a utilizar.

Marca: YINGLI SOLAR								
Tipología	Modelo	Voltaje nominal	Pmax	Vmax sistema	Largo (mm)	Ancho (mm)	Prof. (mm)	Peso (kg)
Monocris.	YGE 60 CELDAS SERIE 2	24 V	275 W	1500 V	1650	992	35	18,5

Fuente: Los autores.

A continuación, visualizaremos las características eléctricas que nos brinda la placa fotovoltaica a utilizarse.

Tabla 8. Características eléctricas del módulo YINGLI SOLAR a utilizarse.

Características eléctricas	
Potencia máxima (Pmax)	275 W
Tensión nominal	24 V
Eficiencia del modulo	16,8 %

Tensión óptima de operación (Vmp)	38 V
Corriente óptima de operación (Imp)	8,88 A
Tensión en circuito abierto (Voc)	37,8 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	9,36 A
Temperatura de operación	-40C a 85C
Tensión máxima del sistema	1500 VDC
Corriente máxima por fusible	15 A
Tolerancia de potencia	45+/-2

Fuente: Los autores.

En el anexo 1, podremos observar la ficha técnica a más detalle de la placa fotovoltaica que vamos a utilizar. Luego de haber decidido que placa se va a utilizar, vamos a realizar la conexión de los paneles fotovoltaicos, la conexión que se realizó fue en paralelo ya que como se sabe este método se utiliza cuando requerimos corrientes y tensiones específicas. Este método nos ayudara a obtener la tensión requerida para el buen funcionamiento del sistema.

4.5 Factores para la colocación de los paneles solares

En el momento de realizar una instalación de placas fotovoltaicas se debe tener en cuenta varios parámetros para el correcto funcionamiento del sistema a instalarse, esto nos ayudara a aprovechar al máximo la energía producida. A continuación, observaremos algunos puntos claves para el buen funcionamiento de los paneles fotovoltaicos. (Trace-software, 2016)

4.5.1 La orientación de las placas fotovoltaicas

En el momento de utilizar las coordenadas geográficas del lugar a realizar la instalación del sistema, la ubicación se la expresara en grados sexagesimales, el punto de referencia es la latitud cero o línea ecuatorial. Bernal Luis E. (2021)



Figura 47. Plano eclíptica e inclinación polar

Fuente: (Bernal Esteban, 2021)

A continuación, se indicará mediante la siguiente ecuación la inclinación óptima de los módulos fotovoltaicos.

$$\text{Inclinacion Opt} = 3.7 + 0.69 * \text{latitud} \quad (16)$$

$$\text{Inclinacion Opt} = 3.7 + 0.69 * -2.922 \quad (17)$$

$$\text{Inclinacion Opt} = -12.82^\circ \quad (18)$$

Debemos tener en cuenta la delimitación geográfica donde se desee instalar las placas fotovoltaicas, ya que en este caso como la instalación realizada es en Ecuador encontrándonos en la línea ecuatorial se tiene una reflexión directa del sol hacia nuestro territorio, se recomienda tener una inclinación de entre unos 10 a 15 grados, esto para que no se acumule basura o se empoce agua en las placas, permitiéndonos así aprovechar a lo máximo la energía producida por los paneles fotovoltaicos.



Figura 48. Paneles fotovoltaicos instalados en San Cristóbal Paute, a una inclinación de 12°. **Fuente:** Los autores

Al momento de realizar los cálculos para la producción de energía solar debemos conocer los factores climáticos de la zona a instalarse para la correcta producción de energía de los paneles, ya que si hay zonas donde existe una cantidad considerable de polvo o algún material que pueda caer en los paneles, disminuirá la producción de energía debido a que no hay buena captación de la radiación solar de los paneles, lo cual podemos recomendar tener en una zona abierta y accesible para su debido mantenimiento de las placas. (Trace-software, 2016)



Figura 49. Mantenimiento de paneles fotovoltaicos en una residencia.
Fuente: Los autores

El soporte en el cual estarán colocados los paneles fotovoltaicos deberán brindar estabilidad y seguridad a las placas fotovoltaicas de cualquier problema, ya sea algún fenómeno natural o algún incidente que implique la integridad física de las personas. (Alunisolar, 2018)



Figura 50. Soporte de aluminio el cual se colocarán las placas fotovoltaicas.
Fuente: Los autores

4.6 Cálculo y selección de las baterías de almacenamiento

Para diseñar el banco de baterías, primero tendremos que establecer una autonomía deseada en caso de tener días desfavorables sin insolación por abundante nubosidad o algún otro factor. Para el abastecimiento diario podría establecerse entre 4-6 días, teniendo en cuenta que este valor se puede reducir en el caso de que dispongamos de un grupo electrógeno de refuerzo.

Para realizar el cálculo de la capacidad requerida para cubrir la demanda del sistema a instalar deberemos realizar diferentes cálculos para dimensionar cuantas baterías requeriremos para solventar la instalación de paneles fotovoltaicos, a continuación,

observaremos algunos datos que utilizaremos para la obtención de cuantas baterías necesitaremos.

Carga de consumo: 1077,6 Wh/día

Voltaje nominal del sistema: 24 V

Degradación del sistema: 10%

Reserva futura: 10%

La capacidad necesaria del sistema será igual a la energía necesaria calcula anteriormente por el voltaje nominal del sistema a instalar.

$$Cap = \frac{E_T[Wh/dia]}{V_n[V]} \quad (19)$$

$$Cap = \frac{1077,6 Wh/dia}{24 V} \quad (20)$$

$$Cap = 44,9 Ah/dia \quad (21)$$

Capacidad efectiva será igual:

$$Cap_{efec} = \frac{Cap}{(1-D)} \quad (22)$$

$$Cap_{efec} = \frac{44,9 Ah/dia}{(1-10\%)} \quad (23)$$

$$Cap_{efe} = 49,88 Ah/dia \quad (24)$$

La capacidad total:

$$Cap_T = \frac{Cap_{efec}}{(1-Rfut)} \quad (25)$$

$$Cap_T = \frac{49,88 Ah/dia}{(1-10\%)} \quad (26)$$

$$Cap_T = 55,42 Ah/dia \quad (27)$$

Luego de haber realizado el caculo de la capacidad total, procederemos a realizar el cálculo del banco de baterías deberemos utilizar, teniendo en cuenta que nuestro sistema busca una autonomía como primera fase de 4 días.

Días de autonomía: 4

Profundidad de descarga de baterías: 0,7

$$Cap_{BAT} = \frac{Cap_T \times n}{PDD} \quad (28)$$

$$Cap_{BAT} = \frac{55,42 \times 4}{0,7} \quad (29)$$

$$Cap_{BAT} = 316,68 \text{ Ah} \quad (30)$$

Luego de haber realizado el cálculo de consumo necesario a utilizar en las baterías, procedemos a seleccionar que tipo de batería será la más conveniente para este tipo de sistema. Para este proyecto de grado realizado se seleccionó las baterías de la marca RITAR.

En nuestro caso las baterías que utilizamos son de 12v a 200Ah de producción, por ende, se adquirió cuatro baterías con estas características las cuales procedimos a conectarlas en serie, paralelo para la obtención de 24v a 400Ah de generación, solventando así la demanda requerida para la iluminación de la vivienda, en el anexo 2 podremos observar de mejor manera los detalles de rendimiento de las baterías.

Tabla 9. Características técnicas de las baterías a utilizar en la instalación de los paneles fotovoltaicos.

Dato técnico de la batería: Batería RITAR DC12/200 (12V 200Ah)

CARACTERISTICAS TECNICAS	
Capacidad (Ah)	200
Voltaje nominal (V)	12
Eficiencia de batería	95 %
Profundidad de batería	60 %
Temperatura de operación	25°C
Vida de diseño	>12 Años

Fuente: Los autores.

Tabla 10. Dimensiones y peso de las baterías a utilizar en nuestro sistema fotovoltaico.

Dimensiones y peso	
Longitud (mm)	522
Anchura (mm)	240
Altura (mm)	224
Peso (Kg)	35.6

Fuente: Los autores.

4.7 Cálculo y selección de regulador de carga e inversor

Finalmente, ya sólo quedaría elegir un regulador de carga y un inversor de corriente continua a corriente alterna para poder disponer de corriente alterna a 127 V en la residencia para abastecer la iluminación en el mismo.

El equipo que se adquirió para cubrir la necesidad de la instalación, es un inversor-regulador el cual cumple con las dos funciones, optimizando el espacio con el que se cuenta y simplificando las conexiones necesarias en la instalación, en la actualidad los inversores reguladores son unos de los dispositivos con más demanda en el sector de las energías renovables.

4.7.1 Cálculo de inversor a utilizar

Los inversores fotovoltaicos en su totalidad trabajan con una eficiencia de un 80%, en el cual nosotros tomaremos este valor para realizar el cálculo del inversor a utilizar para el sistema a instalar.

Capacidad del inversor:

$$Cap_{inv} = \frac{C_{Inst} \times 100\%}{eficiencia\ del\ inversor} \quad (31)$$

$$Cap_{inv} = \frac{1077,6 \times 100\%}{80\%} \quad (32)$$

$$Cap_{inv} = 1347w \quad (33)$$

4.7.2 Selección del inversor

Obtenido el valor de consumo requerido del inversor procedemos a realizar la selección del equipo a utilizar para cubrir esta demanda, existen una gran variedad de fabricantes en todo el mundo por lo que esto ya depende de cuál sea el más conveniente para la instalación a realizar. En nuestro caso utilizaremos un inversor-regulador de 2Kva de la marca Maxsun, este es un inverso de onda pura a 24 V con regulador incluido mppt de 40 A.

Características técnicas del inversor Maxsun

Tabla 11. Características técnicas del inversor Maxsun, Anexo 3.

Características Técnicas	
Potencia nominal	2000 W
Potencia máxima	2400 W
Voltaje de entrada DC	24v
Voltaje de salida AC	270 VAC
Frecuencia de salida	60 Hz
Señal de salida	Onda senoidal pura
Eficiencia	95%+

Fuente: Los autores.



Figura 51: Inversor Maxsun de 2 Kva utilizado en la residencia realizado el proyecto de grado.

Fuente: Los autores.

4.8 Selección de los conductores a utilizar

Se procederá a realizar el cálculo del conductor necesario a utilizar para la instalación del sistema fotovoltaico:

Cálculo del conductor:

$$S = \frac{2 * L * I}{\Delta V * K} \quad (34)$$

S= Sección del conductor

L= longitud del conductor

I= Intensidad máxima

ΔV = Caída de tensión permitida en el tramo

K= Conductividad del conductor esta será de cobre (56)

Tabla 12. Calculo y selección de conductor para el sistema a instalar.

SUBSISTEMA	L(M)	I(A)	ΔV	S(mm ²)
Modulo fotovoltaico-regulador	12	8,88	0,32	11,89
Regulador - baterias	1	50	0,06	29,76
Baterias - inersor	1	200	0,7	10,2
Inersor - carga AC	1,5	7,27	1,65	0,11

Fuente: Los autores.

Luego de realizar el cálculo de los conductores procedemos a elegir el cable en la ficha que se muestra a continuación.

Para la instalación de las placas fotovoltaicas utilizaremos un cable concéntrico 3 x 8 este cable está compuesto por un conductor de cobre electrolítico estañado para asegurar la correcta conductividad, disponiendo de doble aislamiento para mejorar su resistencia en la intemperie, la incidencia directa de los rayos ultravioleta y temperaturas extremas ambientales.

Tabla 13. Cuadro de calibre de cables para una instalación

Calibre AWG-MCM	Seccion real (mm ²)	Intensidad Admisible (Amperios)
14	2,081	30
12	3,309	40
10	5,261	55
8	8,366	70
6	13,3	100
4	21,15	130
3	26,,630	150
2	33,63	175
1	42,41	205

Fuente: Los autores.



Figura 52. Cable concéntrico 3 x 8, utilizado en la instalación de los paneles fotovoltaicos.
Fuente: Los autores.

Características generales del cable concéntrico 3 x 8.

Tabla 14. Característica general de conductor concéntrico 3 x 8.

Conductor / calibre 3 x 8	
Sección transversal mm ²	8,37
Diámetro conductor mm	3,26
Espesor aislamiento mm	1,52
Espesor cubierto mm	1,52
Diámetro exterior	20
Masa nominal kg / km	580

Fuente: Los autores.

4.9 Perdidas en un sistema fotovoltaico

Las pérdidas en un sistema fotovoltaico al igual que en otros procesos de generación de electricidad, son muy importantes de evaluarlas ya que nos ayuda a determinar y tener presente el funcionamiento de los equipos para la evaluación de rendimiento de los mismos. A continuación, revisaremos algunas posibles pérdidas en un sistema fotovoltaico para tener presente en algún momento a la hora de trabajar en este tipo de energía. (Yubasolar, 2018)

4.9.1 Perdidas por orientación

La mala colocación de las placas fotovoltaicas afectara muchísimo a un sistema de este tipo de producción de energía, ya que la cantidad de irradiación solar no se aprovechará debidamente por la mala orientación de las placas generando así perdidas en la producción de energía la cual se requiera. (Certificación Energética, 2017.)

4.9.2 Perdidas por integración arquitectónica de las placas fotovoltaicas

Debemos tener en cuenta que las placas fotovoltaicas deberán estar en una zona en la que no se generen sombras o tapen las placas, ya que no habrá una buena producción de energía debido a que se está opacando los equipos generando así perdidas muy grandes por la mala colocación de estos equipos. (Certificación Energética, 2017.)

4.9.3 Pérdidas por acumulación de agua, polvo

Las pérdidas producidas por agua generalmente se dan por la mala inclinación de los paneles solares, en la zona geográfica al encontrarnos en la línea ecuatorial no se requiere mucha inclinación, pero se recomienda colocar a unos 10 a 15 grados, justamente por este factor para evitar la acumulación de aguas lluvias en las placas. En las pérdidas producidas por polvo generalmente se dan por la zona donde se encontraran colocados los paneles fotovoltaicos ya que hay muchas localidades rurales las cuales no hay calles asfaltadas o es una zona donde se realiza actividad de transporte de material, es por eso que cada cierto tiempo se debe dejar una zona para poder movilizarse a las placas para realizar un mantenimiento de las placas para no generar pérdidas en el sistema, este tipo de mantenimiento las puede realizar el propietario de la vivienda, siempre y cuando se le indique como realizar la limpieza de las mismas. (Yubasolar, 2018.)

4.9.4 Pérdidas por rendimiento AC/DC del inversor

Cuando nosotros vamos a adquirir un inversor para un sistema de generación fotovoltaica, es muy importante adquirir un inversor de alto rendimiento con condiciones nominales de operación, como también la selección correcta del inversor teniendo en cuenta la demanda requerida de nuestras placas generadoras ya que si sobredimensionamos un inversor al cual nuestra carga de generación fotovoltaica es mucho menor, esto nos dará como consecuencia que nuestro sistema operara con valores muy bajos teniendo un mal rendimiento y produciendo así pérdidas de generación. (Yubasolar, 2018)

4.10 Resultados de la simulación del sistema fotovoltaico en HOMER PRO

Una vez simulado el programa de nuestro sistema fotovoltaico, este software nos permite observar diferentes resultados para analizar las mejores opciones cuando se requiera implementar este tipo de equipos con iguales características. A continuación, observamos los escenarios que nos entrega el programa.

RESULTS																				
Summary															Tables		Graphs			
															Calculation Report		Compare Economics		Column Choices...	
Export...																				
Optimization Results																				
Left Double Click on a particular system to see its detailed Simulation Results.																				
Categorized Overall																				
Architecture										Cost				System		EnphIQ6		BAE 12 V 1 PVS 70		
EnphIQ6 (kW)	EnphIQ6-MPPT (kW)	BAE 12 V 1 PVS 70	Grid (kW)	Cybo1000N1/N2 (kW)	Dispatch	NPC (\$)	COE (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)	Capital Cost (\$)	Production (kWh/yr)	Autonomy (hr)	Annual Through (kWh/yr)					
			999,999		CC	\$513.28	\$0.100	\$40.15	\$0.0276	0	0									
0.275	0.275		999,999	2.30	CC	\$3,558	\$0.392	\$191.89	\$1,105	55.0	0	185	407							
		1	999,999	2.30	CC	\$4,349	\$0.847	\$229.11	\$1,420	0	0			12.3	0					
0.275	0.275	1	999,999	2.30	CC	\$4,552	\$0.501	\$230.50	\$1,605	55.0	0	185	407	12.3	0					

Figura 53. Resultados obtenidos en el programa HOMER PRO de los resultados para su implementación.
Fuente: Los autores.

Como se puede apreciar en la siguiente figura 53, se tienen cuatro posibles conexiones para la instalación del sistema fotovoltaico, dado estos resultados se seleccionó la cuarta opción, ya que el sistema estará conectado a la red y baterías de almacenamiento.

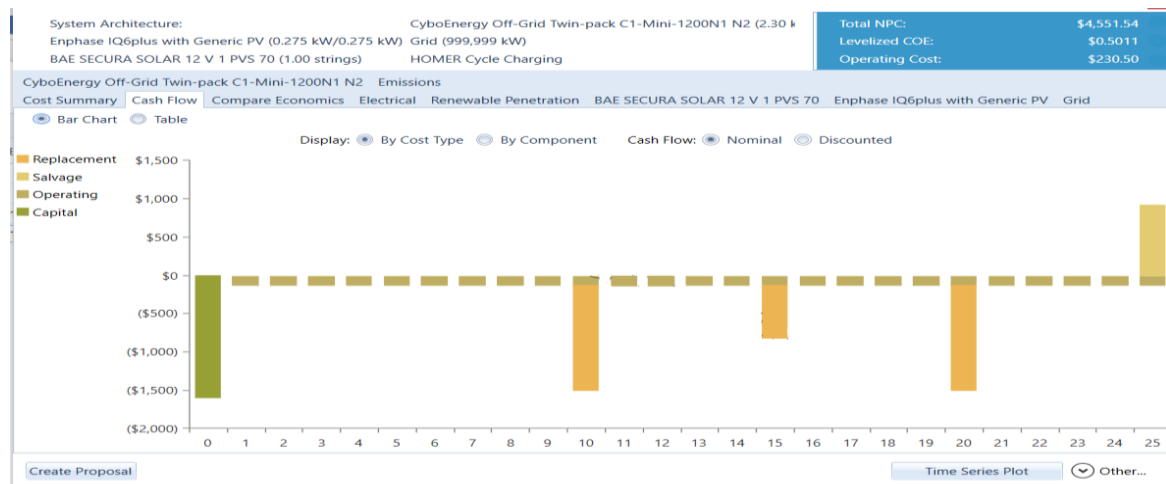


Figura 54. Resultados obtenidos del flujo de inversión y recuperación en el programa HOMER PRO
Fuente: Los autores.

Luego de haber simulado la conexión del sistema, se puede observar en la figura 54, los montos de inversión que refleja este diagrama de barras, estos son costos que en la realidad no concuerdan con el mercado ecuatoriano en temas económicos, en los siguientes capítulos se indicara los montos reales de la inversión del sistema fotovoltaico.

En las siguientes graficas observaremos, el comportamiento del sistema fotovoltaico a instalarse en la residencia. Siendo estos datos de suma importancia para comprobar que el sistema fotovoltaico es viable para su respectiva instalación.

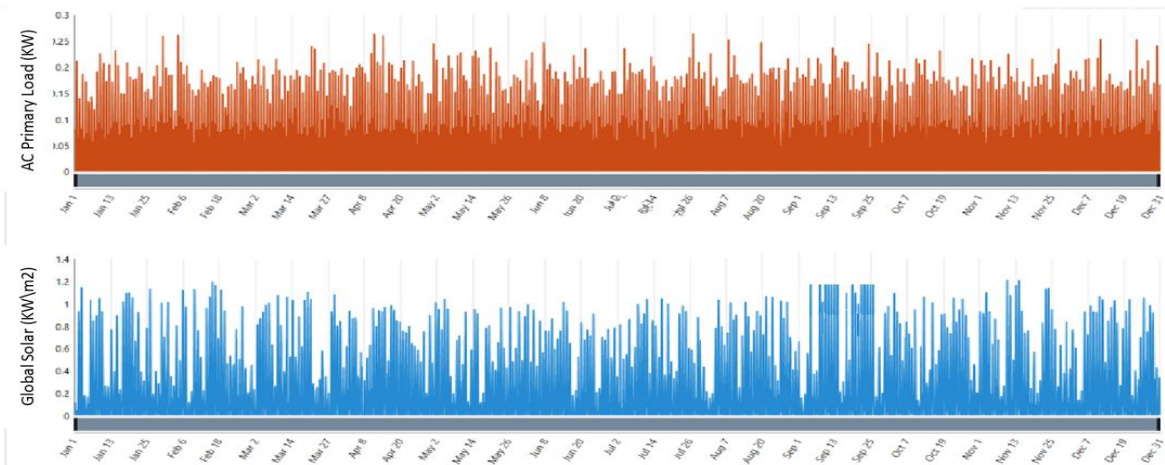


Figura 55. Comportamiento del sistema solar con la demanda AC Primary Load (KW).
Fuente: Los autores.

Como podemos observar en la figura 55, en la parte superior encontramos la AC Primary Load (KW) la cual tenemos los consumos picos quincenalmente, llegando a un consumo pico de 0.260 Kw. A su vez en la parte inferior de la gráfica podemos observar la generación global solar en Kw/m2 que se utiliza en la residencia estos datos están realizados en consumos quincenalmente, el cual se tiene un consumo de energía pico de 1.2 Kw/m2, siendo esto factible para el consumo de la residencia que en iluminación y fuerza tiene suman 1077 Kw/h.

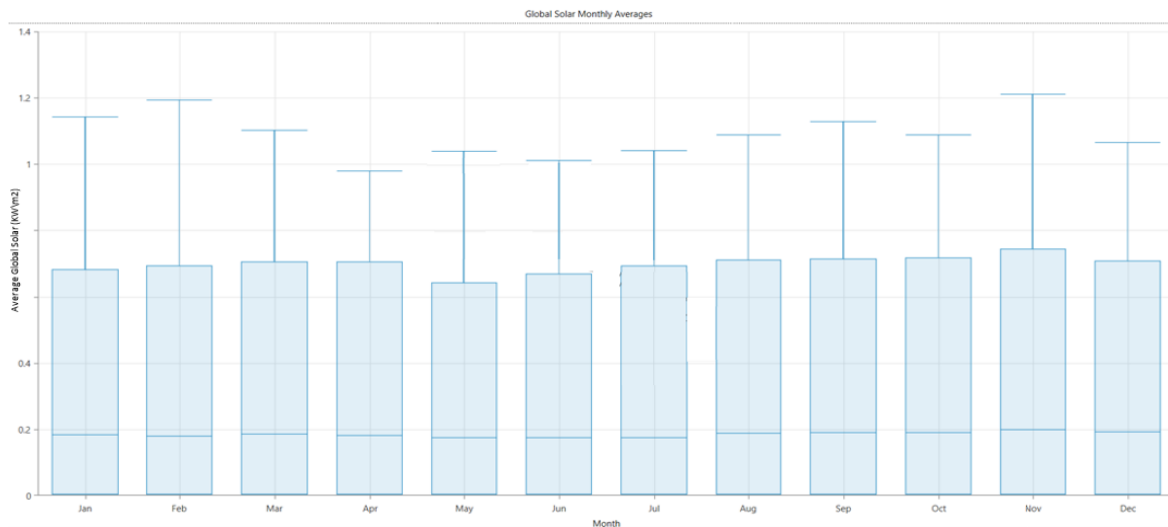


Figura 56. Energía solar promedio mensual.
Fuente: Los autores.

En la figura 56, se encuentra el promedio solar global de cada mes de año, en donde nos muestra cuanta energía producirá el sistema de módulos fotovoltaicos conectados en la vivienda, siendo el mes abril en donde tenemos la menor producción (0.62 KW/m2), estos datos son aproximados, los cuales varían con las mediciones realizadas con el equipo de medición solar.

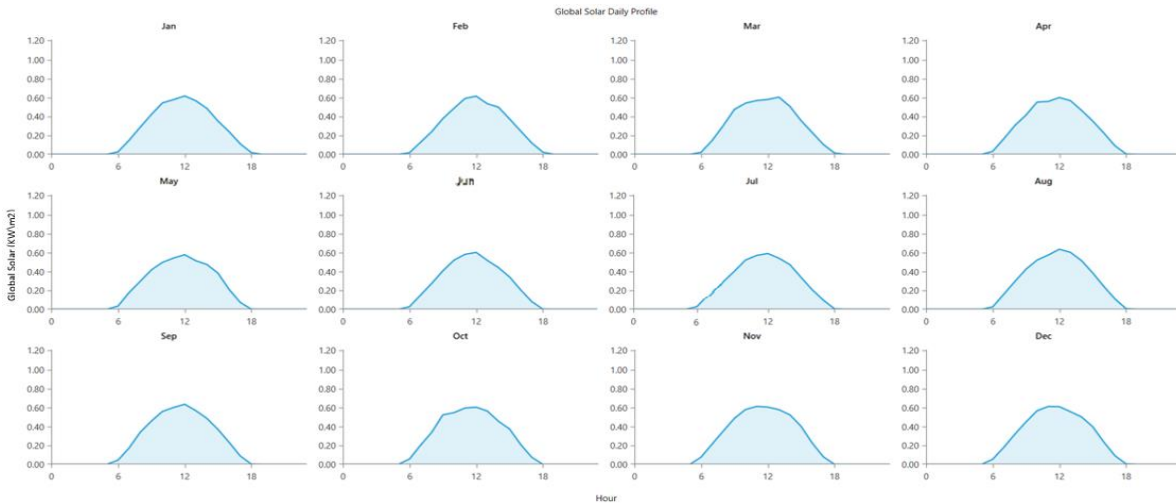


Figura 57. Radiación solar global por hora.

Fuente: Los autores.

Como podemos ver en la figura 57, tenemos los picos de radiación solar de la zona, en las que nos indica cual es la producción de energía fotovoltaica en el día, arrojándonos picos máximos de 0.60 Kw/m^2 siendo estos datos aproximados que nos entrega el software. En los siguientes capítulos se indicará los resultados reales obtenidos con el equipo de medición solar existiendo diferencias con los datos entregados por el software.

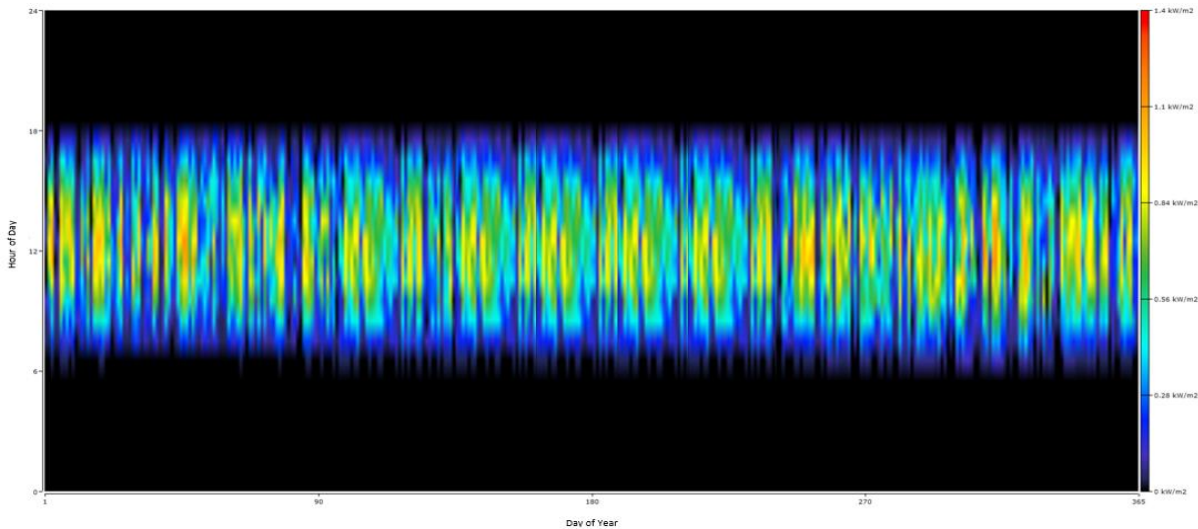


Figura 58. Curva de calor de generación de energía solar durante un año.

Fuente: Los autores.

En la figura 58, se puede observar el mapa de calor de la radiación solar generada durante el año calendario, se puede visualizar que la producción de energía solar se da entre las hora de las 6 de la mañana hasta las 6 de la tarde teniendo un pico de producción a las 12 de la mañana en el que el sol está en su máximo esplendor (0.950 Kw/m^2), los datos que nos entrega el software son aproximados en el cual mediante un equipo de medición solar como

se explicó anteriormente se realizaron las respectivas mediciones y hay una variación, estos datos se reflejarán más adelante en los próximos capítulos.

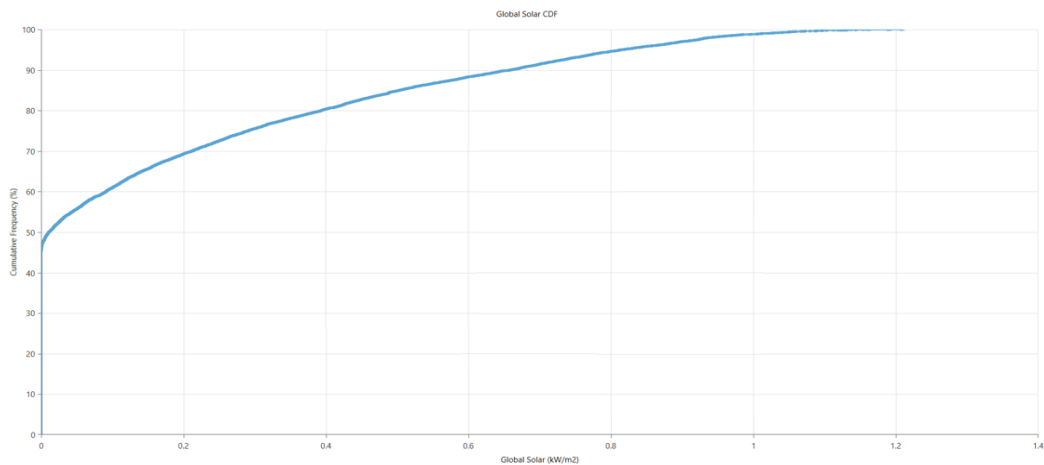


Figura 59. Frecuencia acumulada en la producción de los módulos fotovoltaicos.
Fuente: Los autores.

Como podemos observar en la figura 59, tenemos la frecuencia de producción de energía en nuestros módulos fotovoltaicos en la cual nos indica que la generación límite de energía es de casi 1.2 KW/m^2 , siendo estos datos correctos ya que por el número de paneles que se colocaron es la producción máxima que se llega a tener.

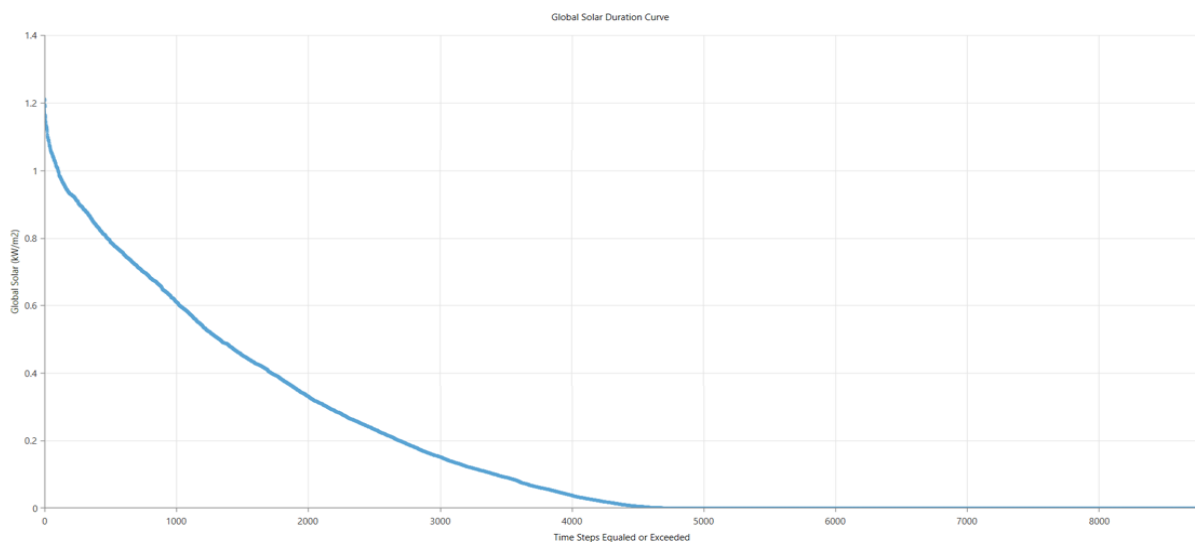


Figura 60. Curva de duración solar global del sistema fotovoltaico.
Fuente: Los autores.

En la figura 60, se puede visualizar el tiempo de duración de la curva de radiación solar que está dado en segundos y el pico de producción que está en Kw/m^2 , tenemos el tiempo de duración de la curva de radiación de una hora y media aproximadamente llegando casi a los 1.2 Kw/m^2 de generación, siendo estos datos corroborados por el número de paneles fotovoltaicos a instalarse.

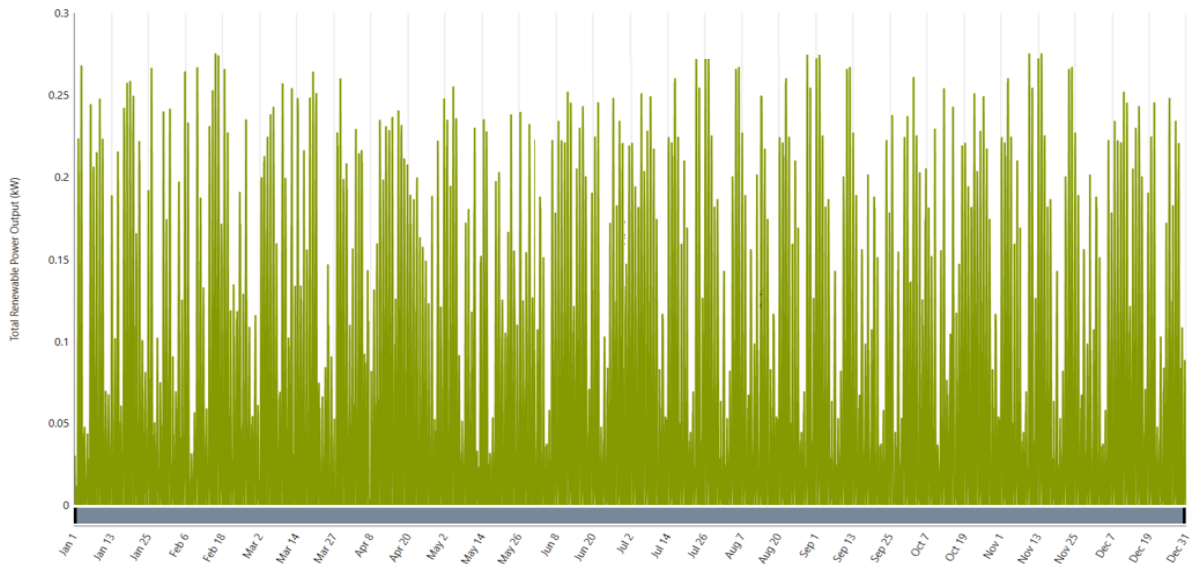


Figura 61. Producción de energía total con pico de consumo de la vivienda.

Fuente: Los autores.

Como podemos observar en la figura 61, tenemos la producción de energía renovable en un periodo quincenal a lo largo de un año calendario. En los que encontramos los picos más altos en los meses de febrero y noviembre y los meses de menos penetración de energía son en mayo, junio y septiembre, estos datos son aproximados a lo que se refleja en la realidad con la radiación del lugar.

4.11 Diseños generales del sistema fotovoltaico a instalar

Para la instalación de los equipos se realizó el respectivo diseño, el cual se lo hizo en el programa AutoCAD, se fue dando cada parámetro para la correcta instalación y tendido de los cables por las tuberías, a su vez se realizó el diseño del sistema fotovoltaico como estará distribuido.

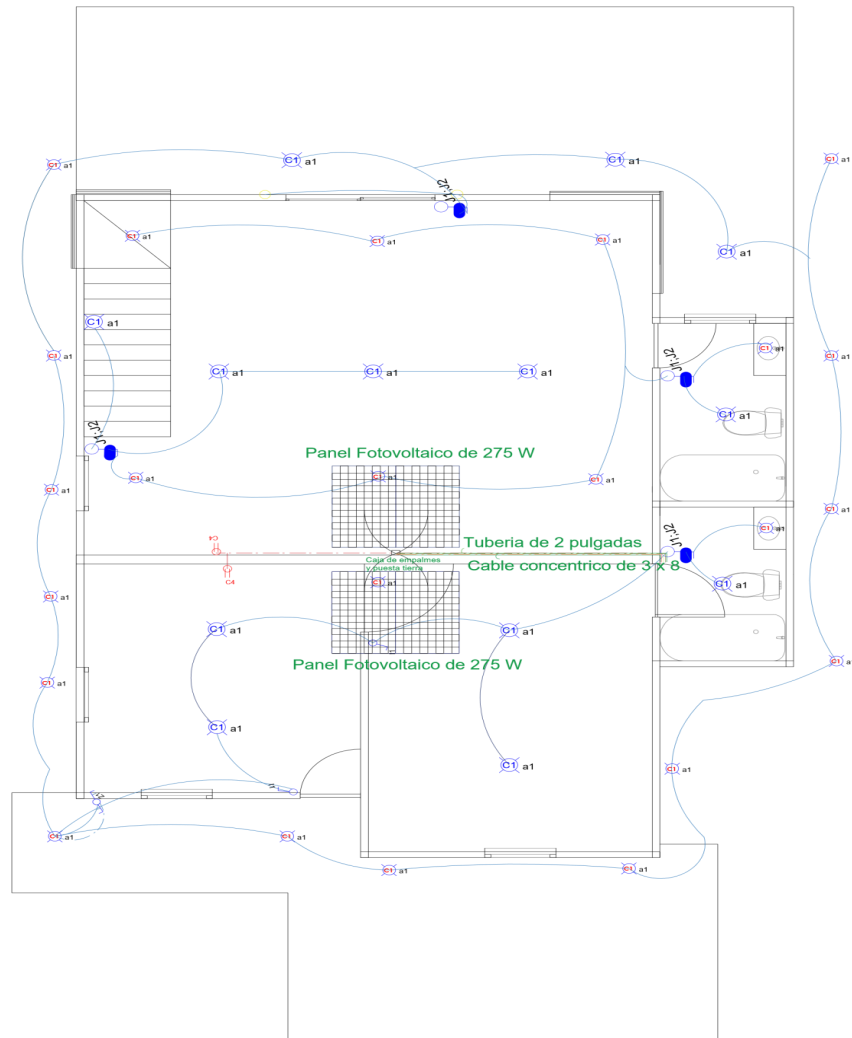


Figura 62. Plano de iluminación de la vivienda, implementado los paneles fotovoltaicos (CAD).
Fuente: Los autores.

Como podemos observar en la figura 62, en el plano de la vivienda tenemos localizados los paneles fotovoltaicos en la parte central del techo, distribuidos dos paneles en un lado de la cubierta y los otros dos en el otro lado de la cubierta.

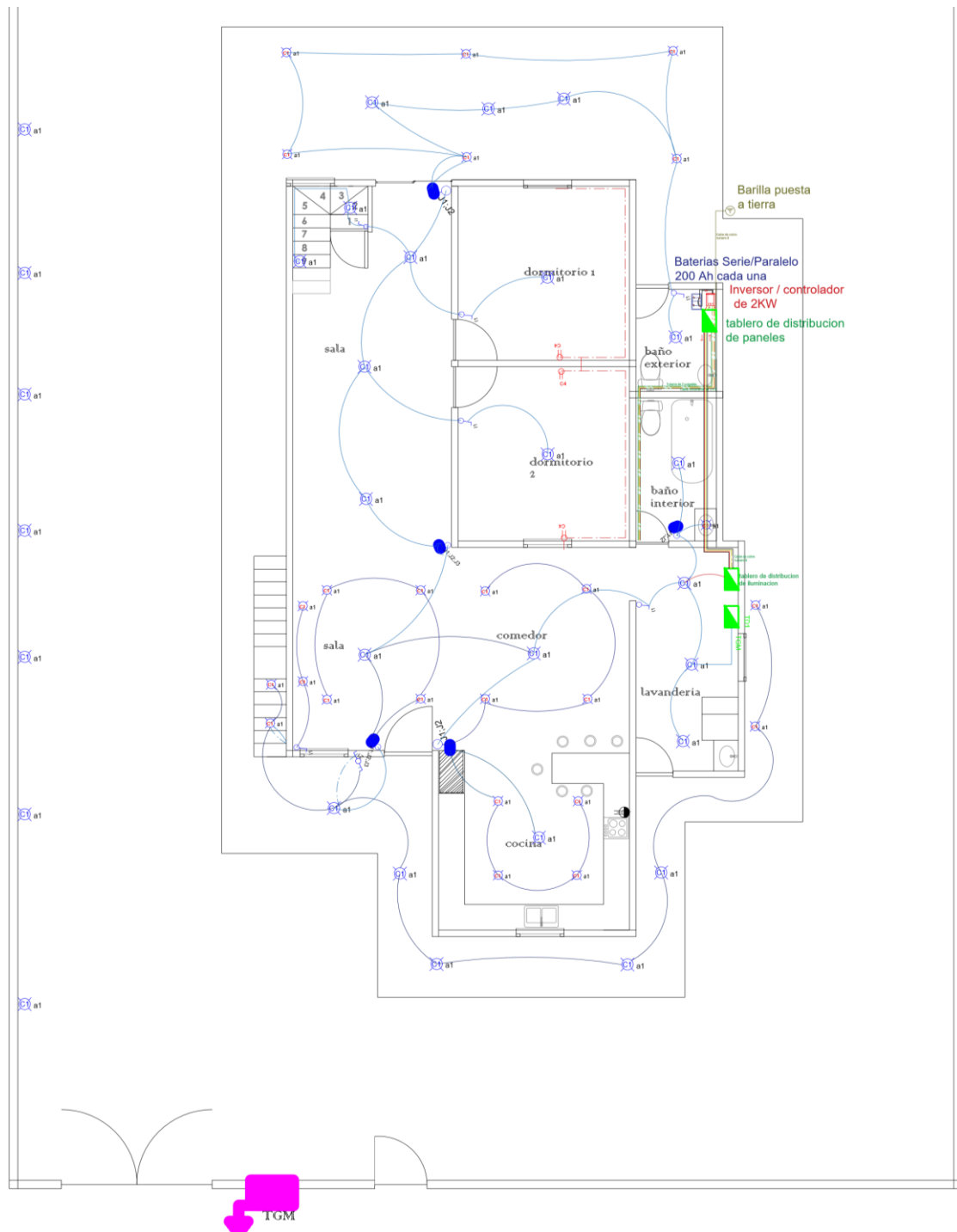


Figura 63. Plano de la vivienda en la parte de abajo la cual se encuentran los equipos a instalar (CAD).
Fuente: Los autores.

Como podemos observar en la figura 63, la instalación esta seguida por una tubería de PVC de dos pulgadas por donde baja el cable concéntrico de 3 x 8 utilizado para la instalación, esta llega al cuarto de maquina donde se encontrarán los equipos de trabajo del sistema

fotovoltaico. Así como la colocación de un tablero de distribución que se utilizara para la iluminación de la vivienda ya que ese es el objetivo del trabajo de grado.

4.11.1 Diagrama de conexión del sistema fotovoltaico a instalar

Podremos observar de mejor manera el sistema fotovoltaico a instalar mediante un diagrama el cual visualizaremos como están conectados los equipos y la distribución de los mismo para su correcto funcionamiento.

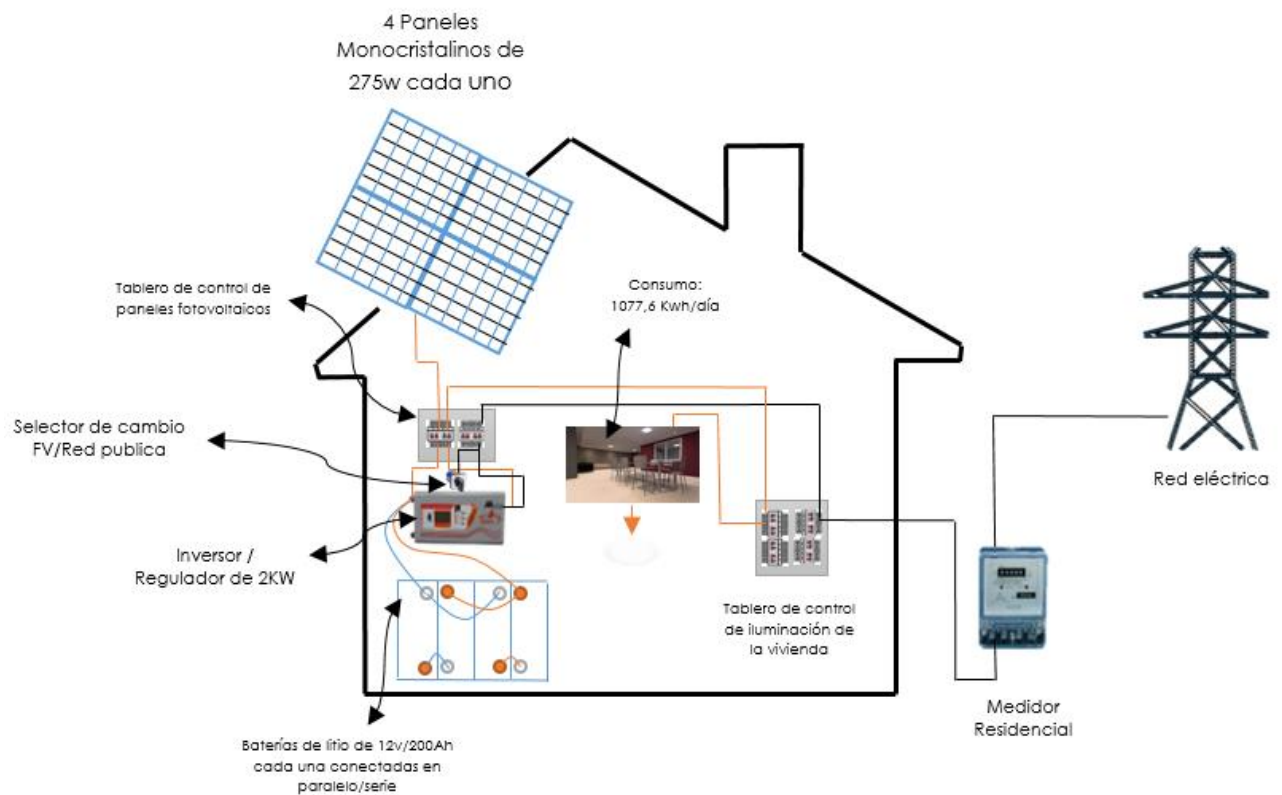


Figura 64. Diagrama de conexión del sistema fotovoltaico a instalar.

Fuente: Los autores.

Luego de haber realizado todos los estudios, diseños y cuadros de consumo general de la vivienda para la instalación del sistema fotovoltaico, procederemos a realizar los trabajos de instalación de los equipos contemplando todos los detalles que se vieron anteriormente para la buena ejecución del mismo, siendo equipos costosos y cualquier falla se contemplaran perdidas tanto económicas como riesgos de integridad física.

CAPÍTULO 5.

5 Implementación del sistema fotovoltaico en el cantón Paute sector San Cristóbal

Procederemos a realizar la instalación del sistema fotovoltaico el cual revisaremos varios parámetros utilizados a la hora de ejecutar los trabajos de campo, para su correcta ejecución y por seguridad integral de nosotros ya que trabajaremos en una altura considerable. (GlobalSTD, 2021.)

5.1 Equipo de seguridad durante la instalación

Cuando se procede a realizar un trabajo de instalación de equipos fotovoltaicos debemos tener en cuenta varias medidas de seguridad a pesar que son equipos de fácil manejo, analizaremos algunos de los riesgos que se está expuesto a la hora de trabajar en este tipo de energía renovable.

- **Quemaduras térmicas**

Cuando se trabaja con este tipo de energía y existe una amplia gama de radiación la cual genera que los equipos expuestos a esta radiación se calienten exponiendo así a la nuestra integridad física sufriendo quemaduras por estos objetos.

- **Descargas eléctricas**

Como sabemos un sistema fotovoltaico cuando se genera energías estas producen electrones generando electricidad, y si la persona que realiza el trabajo se encuentra cerca del sistema fotovoltaico corre el riesgo de que se produzca circulación de corriente eléctrica la cual recorrerá el cuerpo ocasionando espasmos, parálisis o lesiones.

- **Caídas**

Este es un riesgo muy común cuando se trabaja en las alturas y no se tienen todas las medidas de seguridad para poder realizar de manera correcta la instalación de un sistema fotovoltaico poniendo en riesgo así la integridad física de las personas a realizar el trabajo.

Luego de haber revisado los posibles riesgos a la hora de realizar un trabajo de instalación de un sistema fotovoltaico, es indispensable siempre contar con todas las medidas de seguridad para evitar estos tipos de accidentes, detallaremos todas las medidas de seguridad a utilizar en una instalación.

5.1.1 Protectores de rostro

Cuando se realizan las instalaciones sea de cualquier área eléctrica debemos siempre cuidar nuestro rostro, se deberá contar con lentes de protección para evitar que nos salten retazos de cable en los ojos, así como lentes especiales para suelda para evitar arcos eléctricos en la vista de las personas que se encuentren realizando los trabajos de instalación.

También como medida de seguridad cuando se realice trabajos en zonas donde exista polvo, humo o cualquier tipo de contaminante en el aire, se debe contar con un cubre bocas para evitar asfixias y que llegue a dañar nuestro sistema respiratorio.

5.1.2 Protectores de cabeza

Debido a la manipulación de herramientas y equipos pesados, se debe utilizar un casco de protección para evitar lesiones de cráneo ya que en la mayoría de este tipo de instalaciones se trabaja en las alturas y se corre el riesgo de que se caiga cualquier tipo de material con el que se esté trabajando.

5.1.3 Protectores de manos y brazos

Cuando se esté realizando la instalación y se esté trabajando con corriente eléctrica se debe contar con guantes dieléctricos para evitar electrocuciones por cualquier inconveniente que llegue a suscitarse. Portar chalecos de seguridad largos para evitar quemaduras en los brazos debido al trabajo de suelda que se esté realizando en la instalación.

5.1.4 Protectores de pies

Se deberá contar con zapatos exclusivamente para trabajos eléctricos debido a que puede haber descargas eléctricas en el suelo, evitando electrocuciones, también las botas dieléctricas son muy resistentes y nos brindaran más seguridad al momento que algún objeto se caiga sobre nuestros pies y por lo firme que es su planta nos ayudara a mantenernos en equilibrio en zonas húmedas o mojadas.

5.2 Herramientas y equipos para la instalación de los módulos fotovoltaicos


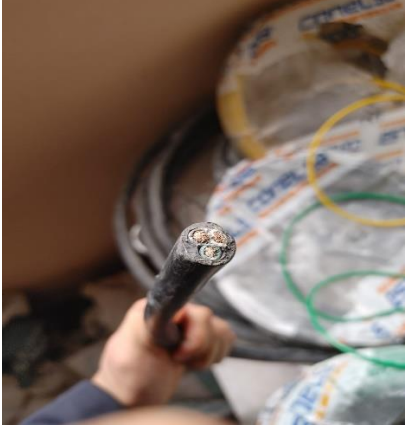

En el momento que se comienza a realizar la instalación del sistema fotovoltaico, dispondremos de varios equipos para que nuestro sistema funcione de la mejor manera y tenga una buena eficiencia al momento de cubrir la demanda de consumo requerido.


A continuación, mediante una tabla daremos a conocer los equipos y herramientas utilizados en la instalación fotovoltaica en la residencia en San Cristóbal, cantón Paute.

Tabla 15. Materiales utilizados en la instalación del sistema fotovoltaico.

Herramientas y equipos utilizados en la instalación fotovoltaica		
Materiales	Descripción	Grafica
Multímetro.	Instrumento eléctrico utilizado para realizar mediciones de tensiones (V), corrientes (A), y resistencia (Ohmios).	
Pinza, playo.	Herramienta utilizada para contar cables de conexión tanto de los módulos fotovoltaicos, inversor, baterías, tableros eléctricos.	
Taladro manual.	Utilizado para empotar cajetines de paso, cajas de distribución plásticas, puesta a tierra de los módulos fotovoltaicos.	
Desarmadores.	Herramienta utilizado para ajustar los equipos para mantener una estabilidad de los equipos evitando cualquier caída, y apretar los cables conectados en los breakers.	

<p>Linterna.</p>	<p>Utilizado para tener una mejor visibilidad, evitando malas conexiones y posibles accidentes.</p>	
<p>Medidor de irradiación solar.</p>	<p>Instrumento de medición solar el cual capta la irradiación proveniente del sol dando datos de cuanto radiación se produce en la horas picos del día, instrumento utilizado para verificar los datos obtenidos en el software HOMER Pro.</p>	
<p>Cinta aislante.</p>	<p>La cinta aislante se utilizó en las conexiones realizadas de los equipos y en los tableros eléctricos evitando tener cables desnudos, produciendo cortocircuitos.</p>	
<p>Tubería de 2 pulgadas de PVC.</p>	<p>Tubería de PVC, el cual se trasladó el cable concéntrico hasta el cuarto de máquinas, generándonos una</p>	

	seguridad y facilidad de traslado del mismo.	
Cable de cobre número 8.	Utilizado para conexión de los tableros eléctricos y para la puesta tierra del sistema fotovoltaico.	
Cable concéntrico de 3 * 8.	El cable concéntrico utilizado para la conexión de los paneles fotovoltaicos, este tipo de cable es el recomendado para nuestro tipo de instalación.	
Modulo fotovoltaico.	Modulo fotovoltaico de 275 W, el cual se colocaron 4 en la parte de la cubierta de la vivienda conectados en paralelo para cubrir la demanda necesaria de la iluminación.	
Caja de distribución plástica.	Caja de plástica colocada en el la parte de abajo de los paneles fotovoltaicos los cuales desde esa parte se empalma y se dirigen al cuarto de máquinas donde se encuentra la caja de	

	<p>distribución de los módulos.</p>	
<p>Caja de distribución metálica de seis espacios.</p>	<p>Se utilizaron dos cajas metálicas para la conexión del sistema, una para la llegada de la energía producida por los módulos fotovoltaicos, y la otra se encuentra separado los breakers de consumo lumínico de la vivienda.</p>	
<p>Breakers.</p>	<p>Se procedieron a colocar breaker en el cuarto de máquinas brindando más seguridad al sistema ante posibles fallas de los módulos fotovoltaicos y protegiendo así los equipos y baterías.</p>	
<p>Selector de cambio de FV/ empresa.</p>	<p>Selector de 3 cambios utilizado para realizar el cambio de consumo de energía renovable a consumó de energía publica cuando el sistema se encuentre descargado.</p>	

<p>Inversor/ regulador.</p>	<p>Inversor/ regulador de 2KW, el cual solventara la demanda requerida por la vivienda para solventar el consumo lumínico.</p>	
<p>Baterías de gel ciclo profundo sellada.</p>	<p>Baterías de gel de ciclo profundo sellada, se utilizó cuatro baterías a 12 v cada una generando 200Ah de corriente.</p>	
<p>Varilla de cobre de alta camada.</p>	<p>Varilla de cobre de alta camada de 90 cm de Larco utilizado para la puesta a tierra de nuestro sistema fotovoltaico a instalar.</p>	
<p>Cajetín de paso.</p>	<p>Cajetines de paso se lo utilizo para guiar de mejor manera la tubería de paso del cuarto de máquinas a la lavandería donde se encuentra nuestra caja de distribución de iluminación de la vivienda.</p>	

Fuente: Los autores.

5.3 Fabricación de la infraestructura para el montaje de los paneles fotovoltaicos

Cuando se realiza la instalación de un sistema fotovoltaico debemos tener en cuenta la estructura en la que se encontrara colocados los módulos, ya que este soporte nos brindara la seguridad necesaria de que los equipos, no se caigan o llegue a salirse por diferentes motivos climáticos que se puedan dar. A continuación, observaremos como se llevó a cabo la estructura donde se encuentran ubicados los paneles fotovoltaicos.

Como primera fase, se procedió a realizar la medición de los módulos fotovoltaicos a utilizar para tener las medidas de cuanto vamos a realizar el soporte de los paneles solares.



Figura 65. Se realizó la medición de los paneles fotovoltaicos.
Fuente: Los autores.

Luego de haber realizado la medición de los paneles fotovoltaicos, se eligió el material para la estructura de los módulos. Utilizamos ángulos metálicos de 2 mm de espesor, dándonos mayor seguridad en la base donde se asientan los paneles.



Figura 66. Angulo de 2 mm utilizado para la realización de la estructura de soporte de los paneles fotovoltaicos.
Fuente: Los autores.

Después de haber realizado las medidas necesarias y elegido el material que vamos a utilizar, procedemos a realizar el diseño de la estructura donde se encontraran los paneles fotovoltaicos.

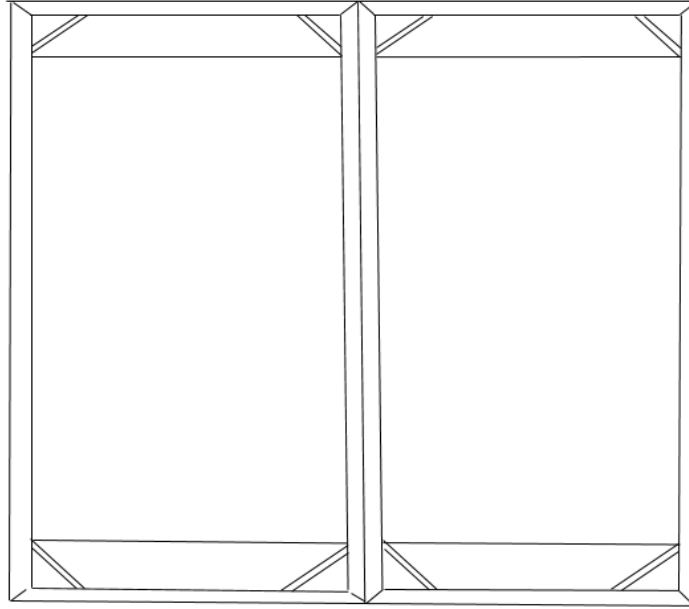


Figura 67. Diseño de la estructura en los que se colocaran los paneles fotovoltaicos.
Fuente: Los autores.

Se procedió a realizar el cuadro en los cuales estarán colocados los paneles, la distribución de los módulos será de dos paneles en cada lado de la cubierta, aprovechando así toda la radiación solar que nos entrega el sol.



Figura 68. Colocacion de la estructura en la cubierta de la vivienda.
Fuente: Los autores.



Figura 69. Estructura finalizada y lista para el montaje de las placas fotovoltaicas.
Fuente: Los autores.

Como podemos observar en la figura 69, la estructura se colocó en la cubierta a una inclinación de 12 grados como se indicó anteriormente para evitar acumulación de agua o polvo generado por el ambiente. La estructura fue pintada con anticorrosivo para evitar el óxido del mismo y pasada una mano de pintura de color blanco, así brindando mayor resistencia a nuestra estructura del agua y del medio ambiente de la zona. Una vez concluido todo el montaje del soporte de los paneles fotovoltaicos, procedemos a la colocación de los mismos.



Figura 70. Colocación de los módulos fotovoltaicos en los soportes instalados.
Fuente: Los autores.



Figura 71. Paneles fotovoltaicos colocados en la cubierta de la vivienda.
Fuente: Los autores.

Como se puede ver en la figura 70 y 71, los paneles fotovoltaicos han sido colocados en la parte superior de la vivienda con la inclinación de 12° grados, para mayor seguridad de los paneles se colocaron en cada esquina un tornillo avellanado empotrado a la estructura, una vez concluido todo el montaje de los paneles en la estructura estamos listo para realizar la instalación de los mismo.

5.4 Modelado y simulación del sistema fotovoltaico utilizando la herramienta de Matlab

Una vez realizado el estudio de factibilidad de instalación de los paneles fotovoltaicos en el sector de San Cristóbal cantón Paute, se realizó varias simulaciones donde se puede apreciar algunas curvas de las variaciones de la irradiación solar en el día, la temperatura que se tiene a lo largo del día, producción de energía, eventos de interrupción de energía, los tiempos que duran estas interrupciones, los costos de energía, las variaciones de carga del sistema a lo largo del día, la producción de energía de los paneles fotovoltaicos en el transcurso del día, así como la entrega de energía desde la red pública a la casa, en otra simulación se puede apreciar el consumo de la residencia con el uso de los paneles solares y la red pública, siguiendo con estas simulaciones se presenta una gráfica de la carga y descarga del sistema de almacenamiento de energía. Finalmente tenemos las simulaciones del consumo de carga de los diferentes equipos eléctricos en los sistemas de iluminación y fuerza. A continuación, se presentan las gráficas obtenidas en la simulación.

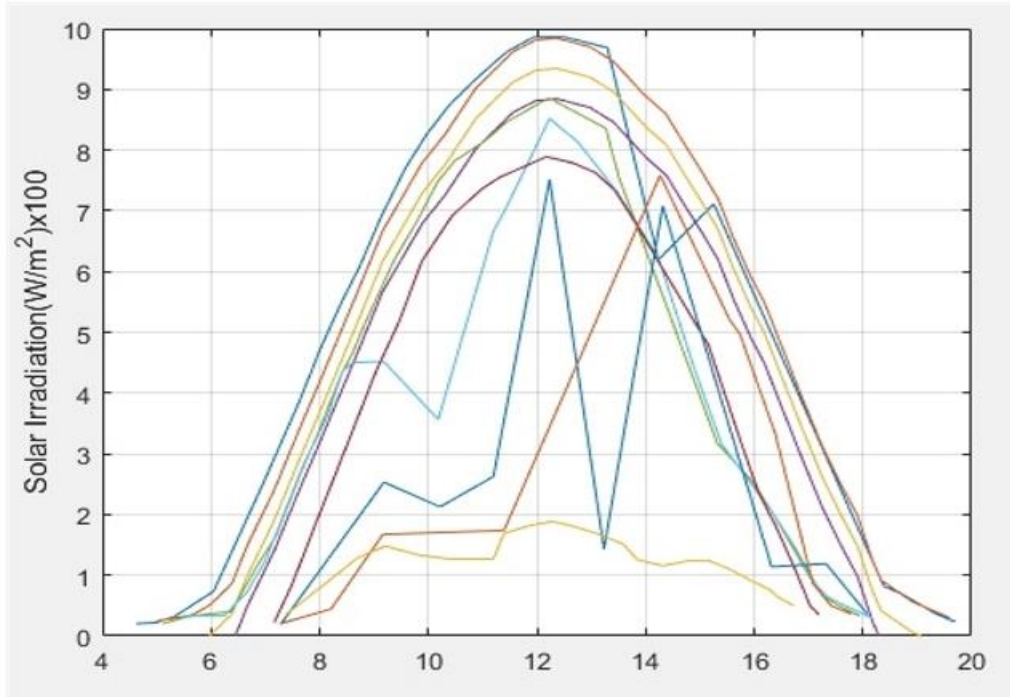


Figura 72. Simulación de las variaciones de irradiación solar en el transcurso del día.
Fuente: Los autores.

En la siguiente simulación de la figura 72, se puede observar las variaciones de irradiación solar en el transcurso del día, estos datos corresponden a una estación meteorológica de España, que nos indica que la irradiación solar a lo largo del día, comienza entre las nueve de la mañana hasta las cinco de la tarde, siendo la máxima hora solar pico a las doce de la tarde, las líneas de diferentes colores son los cambios que presenta la irradiación solar en el día.

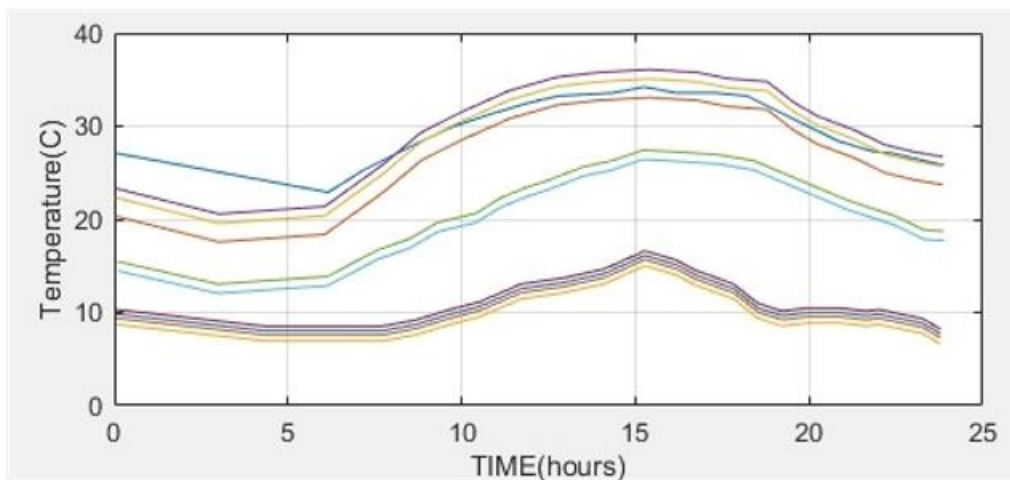


Figura 73. Simulación de las variaciones de la temperatura en el transcurso del día.
Fuente: Los autores.

En la siguiente simulación de la figura 73, se puede apreciar la variación de la temperatura comprendida entre las dos de la mañana hasta las diez de la noche, de igual manera picos más altos de temperatura están desde las once de la mañana hasta las dos de la tarde, se puede observar estos cambios mediante la línea de colores.

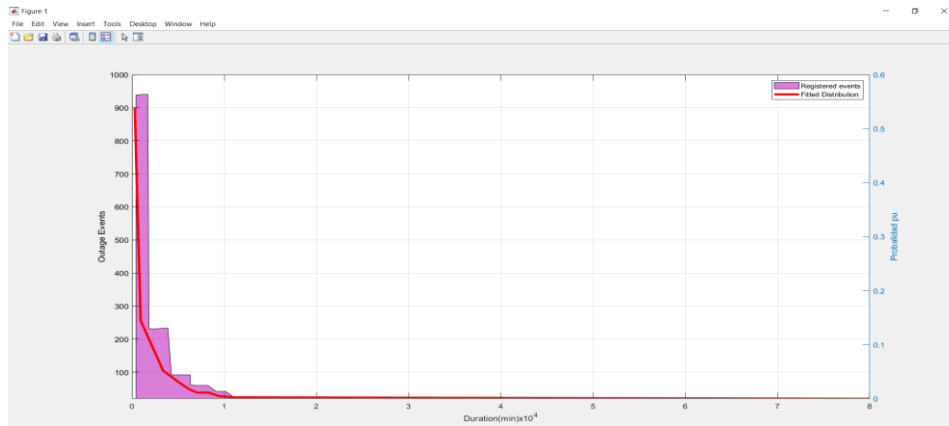


Figura 74. Simulación de los eventos de interrupción de energía que se pueden dar en una residencia o ambiente de trabajo.
Fuente: Los autores.

En la siguiente simulación de la figura 74, se puede apreciar la línea de color morada que nos indica el número de eventos de interrupción que va en una escala de 0 a 1000 eventos de cortes de energía en una determinada residencia, mientras la línea de color roja corresponde a una distribución equipada que se encuentra en minutos, en este caso se han considerado tres equipos, como se aprecia los eventos desde 0 a 200 hay ligeros cambios en el minuto de duración de ahí en adelante el sistema se estabiliza, debido a la actuación del sistema de baterías.

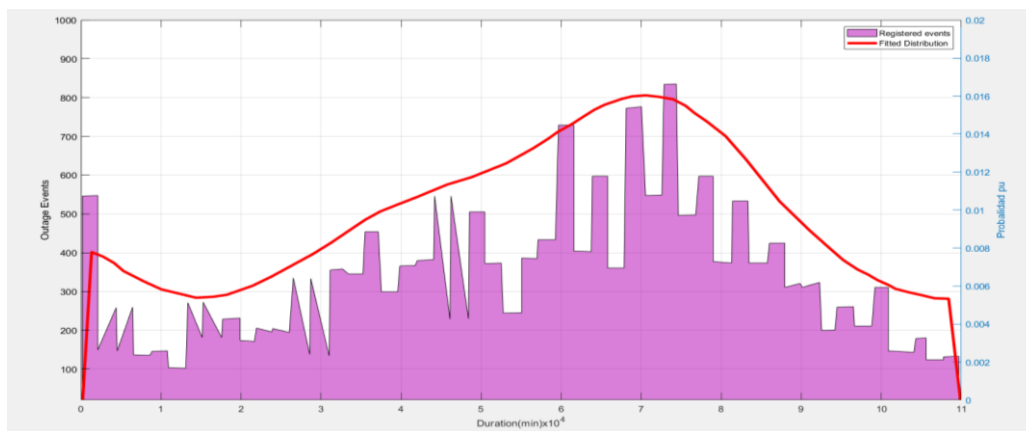


Figura 75. Simulación de los eventos y tiempos de duración de los cortes de energía en una residencia.
Fuente: Los autores.

En la figura 75 se puede apreciar la línea de color morada, nos da la duración del tiempo de los eventos, en primera instancia se puede observar un pico alto de corte de energía que se registra en el evento 550, después existe un incremento en el evento 700, 750 y 820, para después disminuir en los próximos eventos, la línea roja que pertenece a la distribución equipada, esta variación es en función de los eventos y el tiempo de duración, con esto se pretende indicar cómo se comporta el sistema con la red pública y sistema fotovoltaico, en la práctica se pretende que haya cortes de energía de menos duración.

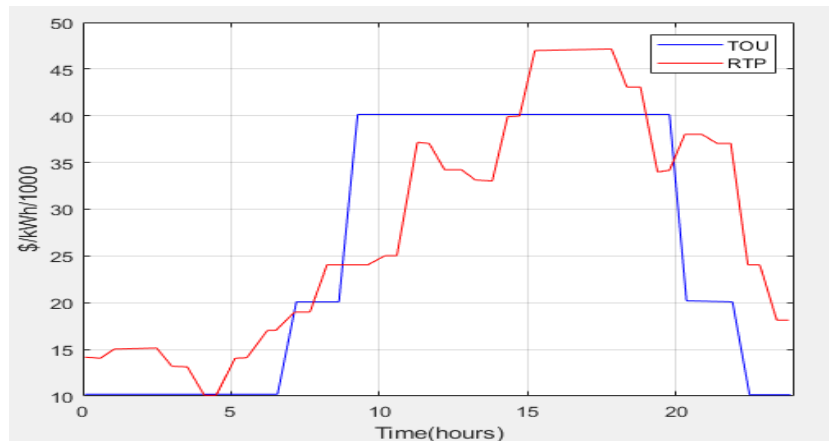


Figura 76. Simulación de la variación de costos de la energía en tiempo real de una residencia durante su utilización.

Fuente: Los autores.

En la figura 76 se puede apreciar la variación de los costos de energía en tiempo real y durante su utilización, la línea azul nos indica el precio de la energía en uso, mientras que la línea de color rojo nos indica el precio de la energía en tiempo real, se puede observar que existe un considerable incremento del precio de la energía según el número de horas. Para finalizar se puede decir que el precio de la energía en tiempo real es mayor al de uso.

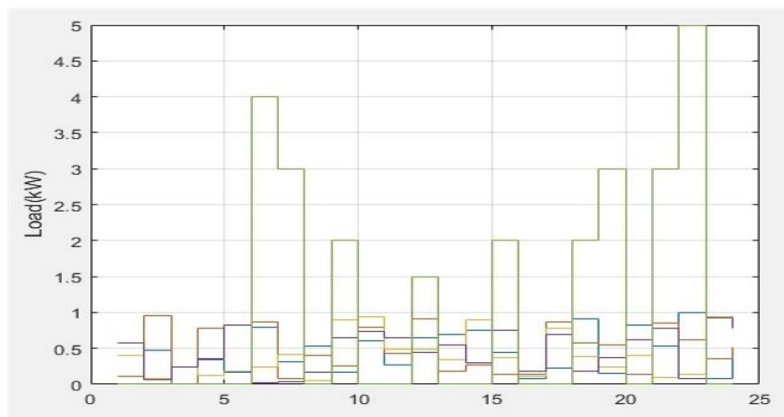


Figura 77. Simulación de la variación de carga a lo largo del día en una residencia.

Fuente: Los autores.

En la siguiente simulación de la figura 77, se puede observar la variación de carga a lo largo del día desde las dos de la mañana hasta las diez de la noche, las horas más relevantes de consumo de energía de las cargas están a las siete de la mañana, de once de la mañana hasta la una de tarde, seis Pm hasta las ocho de la noche, en las otras horas el consumo se mantiene con poca variación.

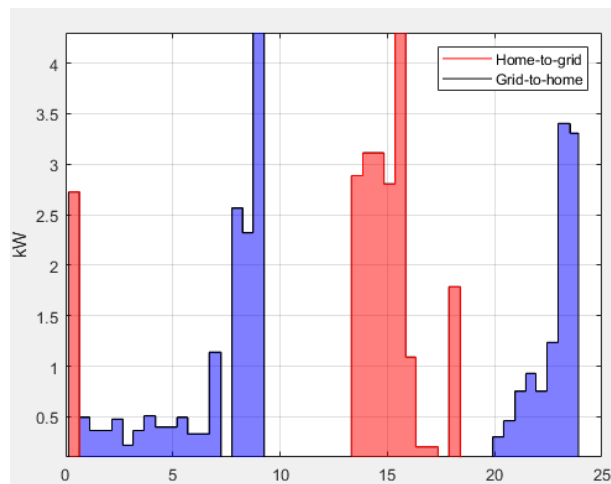


Figura 78. Simulación de la entrega de energía de los paneles fotovoltaicos y el consumo de la red pública. (anexo 8)

Fuente: Los autores.

En la figura 78, se puede observar las líneas de color rojo y azul la primera representa la entrega de energía de los paneles fotovoltaicos y la segunda es el consumo de la red pública para alimentar las cargas de la casa. Como es de nuestro conocimiento cuando existe un excedente de energía se entrega a la empresa eléctrica publica, mediante un medidor bidireccional.

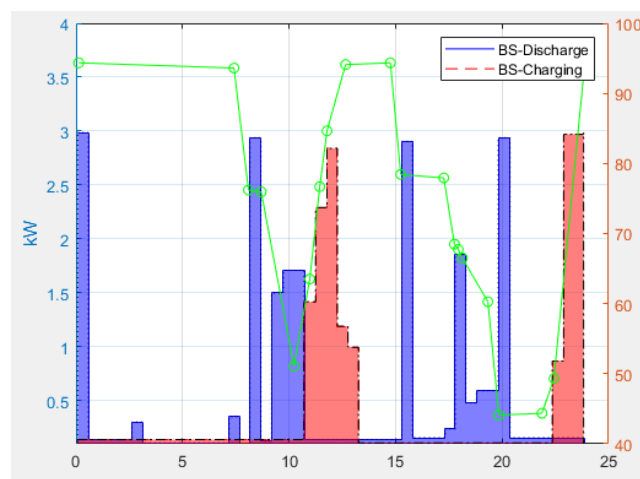


Figura 79. Simulación de la carga y descarga del sistema de almacenamiento de energía mediante los paneles fotovoltaicos. (anexo 8)

Fuente: Los autores.

En la siguiente simulación de la figura 79 se puede observar que el sistema de generación PV durante el día suministra energía a la casa y el excedente de esta producción se utiliza para la carga de las baterías, en la gráfica aprecia que la línea de color azul indica la descarga de la batería, mientras que la línea de color rojo, indica la carga de la batería con el sistema PV, la línea de color verde indica el estado de la carga de la batería expresada en porcentaje.

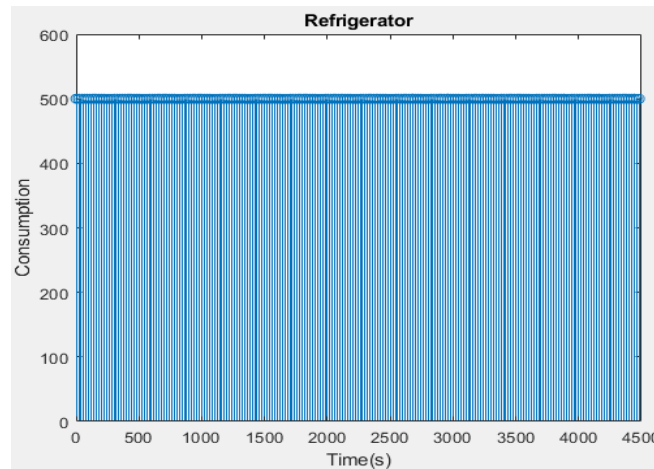


Figura 80. Simulación del consumo eléctrico de una refrigeradora en el transcurso de una hora y media. (anexo 8)

Fuente: Los autores.

En la figura 80, se muestra el consumo de una refrigeradora en un periodo de 4320 segundos con intervalos de 500 segundos entre barras, el equipo tomado para esta simulación tiene una potencia de 500 vatios, al ser considerado un equipo de uso permanente y de factor de demanda uno, se observa que el consumo eléctrico es considerable dentro de la vivienda, esta simulación está hecha para tres días continuos de uso del electrodoméstico. En una residencia común y corriente es el aparato que mayor demanda de energía requiere.

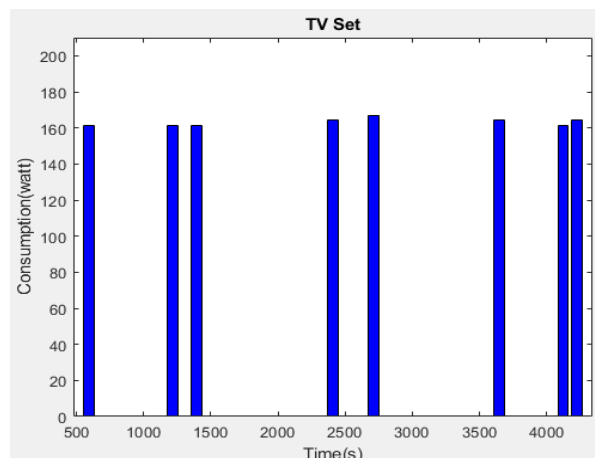


Figura 81. Simulación del consumo eléctrico de una televisión en el transcurso de una hora y media. (anexo 8)

Fuente: Los autores.

En la figura 81, se muestra el consumo eléctrico de una televisión durante el mismo periodo de tiempo que la refrigeradora, aquí el resultado es diferente, debido a que este electrodoméstico, no es de uso frecuente dentro de la residencia. La potencia de la TV es de 160 W, empieza en un tiempo de 0 a 500 segundos un gasto normal en los tiempos de 1000 a 1500 se nota un incremento en el dispendio, para terminar la simulación desde los 3500s hasta los 4320s, en todos estos intervalos existe variaciones ligeras en el consumo de energía.

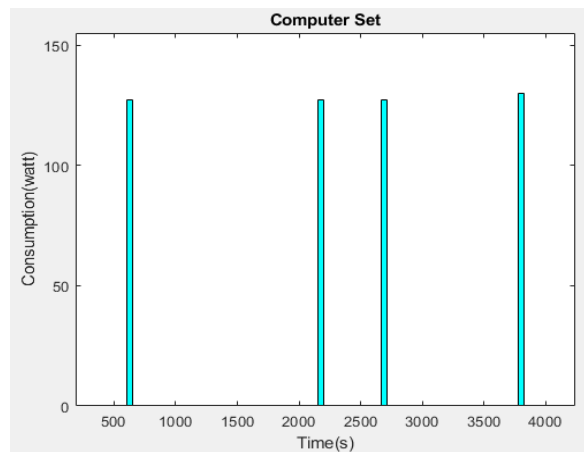


Figura 82. Simulación del consumo eléctrico de una computadora de escritorio en el transcurso de una hora y media

Fuente: Los autores.

En la siguiente figura, se muestra el consumo eléctrico de una computadora, durante el mismo tiempo de los aparatos mencionados anteriores, con la diferencia, que el tiempo de consumo cambia en cada intervalo de tiempo. Al tratarse de un equipo que no demanda muchas horas de consumo su gasto es menor.

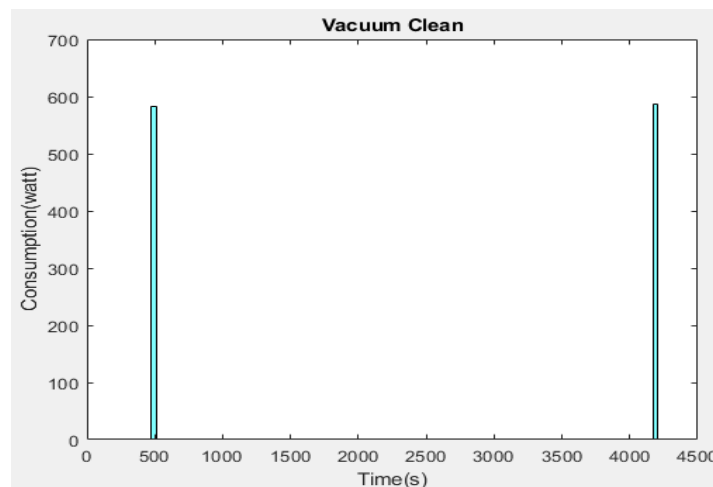


Figura 83. Simulación del consumo eléctrico de una aspiradora en el transcurso de una hora y media.

Fuente: Los autores.

En la figura 83, se muestra el consumo eléctrico de una aspiradora de una potencia de 600 W, se puede observar que el tiempo de uso es bajo, en los 4320 segundos que dura la simulación, el equipo funciona en dos ocasiones. Por lo tanto, el consumo es menor que la nevera.

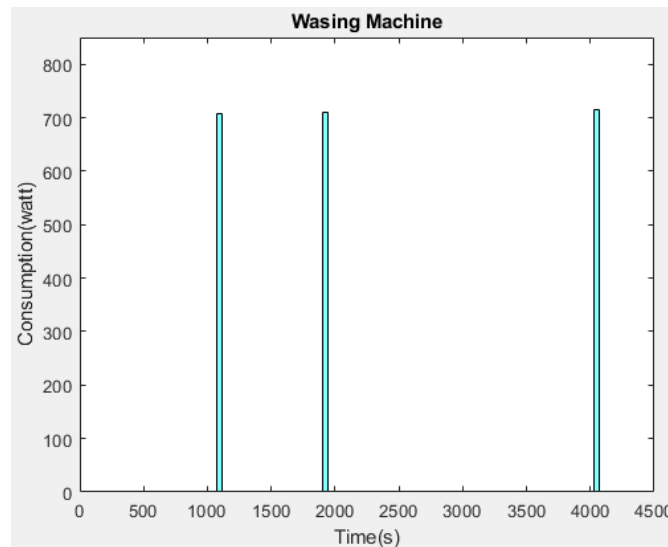


Figura 84. Simulación del consumo eléctrico de una lavadora en el transcurso de una hora y media.

Fuente: Los autores.

En la figura 84, se muestra el consumo eléctrico de una lavadora de una potencia de 700 W, se puede observar que el tiempo de uso es bajo, en los 4320 segundos que dura la simulación, el equipo funciona en tres ocasiones. Por lo tanto, el consumo es menor en comparación de la refrigeradora.

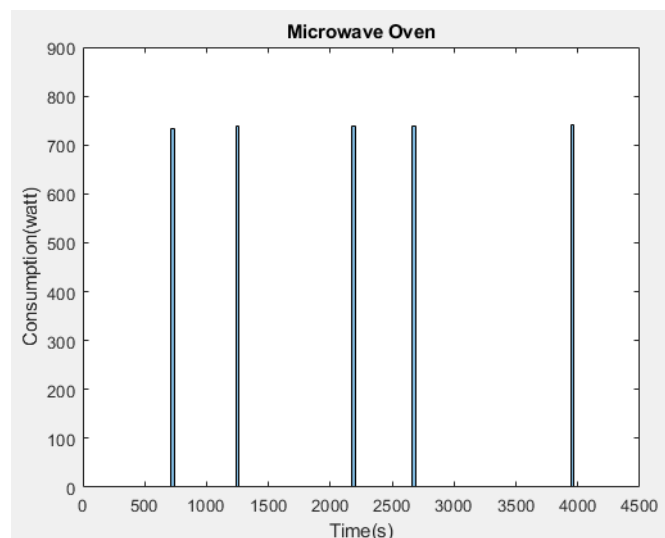


Figura 85. Simulación del consumo eléctrico de un horno microondas en el transcurso de una hora y media.

Fuente: Los autores.

En la figura 85, se muestra el consumo eléctrico de un microondas con una potencia de 800 W, se puede observar que el tiempo de uso se incrementa en comparación con la lavadora, televisión, aspiradora y la computadora, si bien es cierto que el tiempo de uso no es mayor en cada intervalo, debido a su potencia, su consumo es considerable en el precio de la energía.

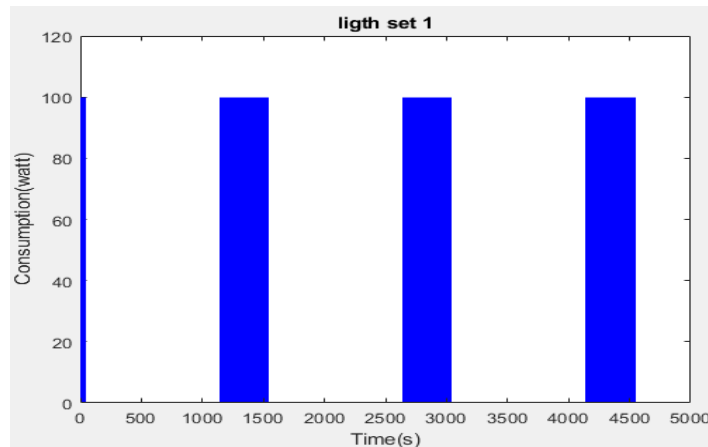


Figura 86. Simulación del consumo eléctrico de un juego de luces en el transcurso de una hora y media. (anexo 8)

Fuente: Los autores.

En la figura 86, se muestra el consumo eléctrico de un juego lámpara de 100 W, durante de una hora y media, con una duración de 4320 segundos, donde se puede ver, que a lo largo la lámpara tiene consumos cortos en cada intervalo de tiempo, como se sabe que una lámpara por lo general funciona en la mañana y la noche, este consumo no representa un mayor precio en el precio de la electricidad.

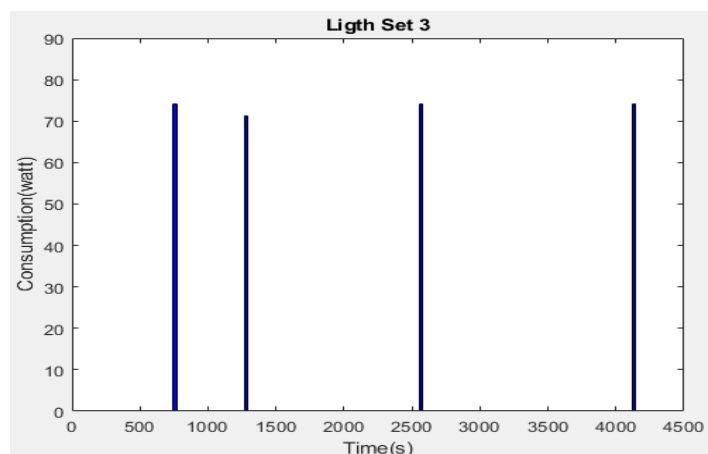


Figura 87. Simulación del consumo eléctrico de un juego de luces de menor consumo en el transcurso de los días

Fuente: Los autores.

Como se muestra en la figura 87, el consumo eléctrico de una lámpara de 80 W, en un periodo de 4320 segundos, donde se puede observar que el tiempo de trabajo en cada intervalo es corto, esto reduce el consumo de energía y no representa un mayor precio en la planilla eléctrica.

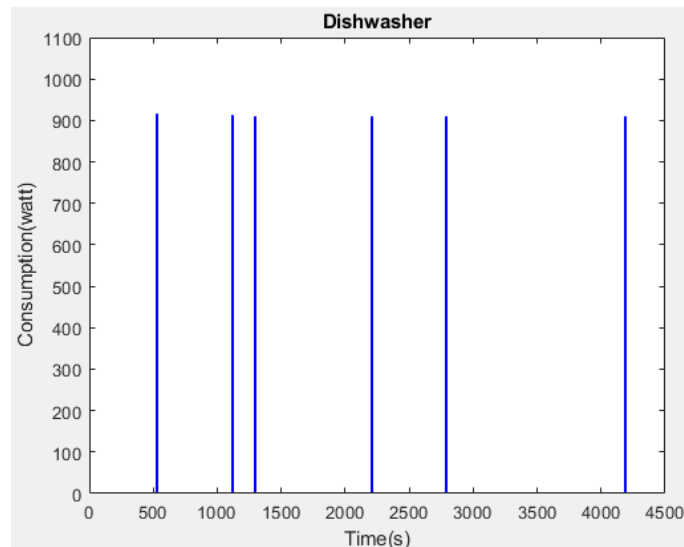


Figura 88. Simulación del consumo eléctrico de una lavadora de platos en el transcurso de una hora y media.

Fuente: Los autores.

En la figura 88, se muestra el consumo eléctrico de una lavadora de platos de 900 W, que trabaja en periodos cortos durante los intervalos de tiempo, que se puede apreciar que son en tres sesiones de trabajo, si bien el tiempo de trabajo no es mucho, pero al tener una potencia alta, esto se ve reflejado en el consumo de energía y el precio del servicio.

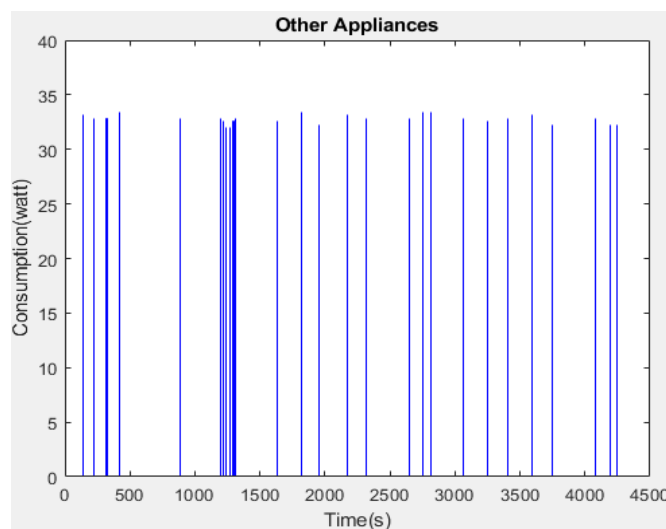


Figura 89. Simulación del consumo eléctrico de otros aparatos eléctricos en el transcurso de los días

Fuente: Los autores.

Como se muestra en la figura 89, el consumo eléctrico de otros electrodomésticos de la casa con una potencia de 30 W, en un periodo de 4320 segundos, donde se puede evidenciar que hay algunas cargas que actúan desde la mañana, tarde y noche, si bien las cargas no son de una potencia alta, pero al actuar algunas al mismo tiempo, incrementan el consumo de energía de la vivienda y su precio.

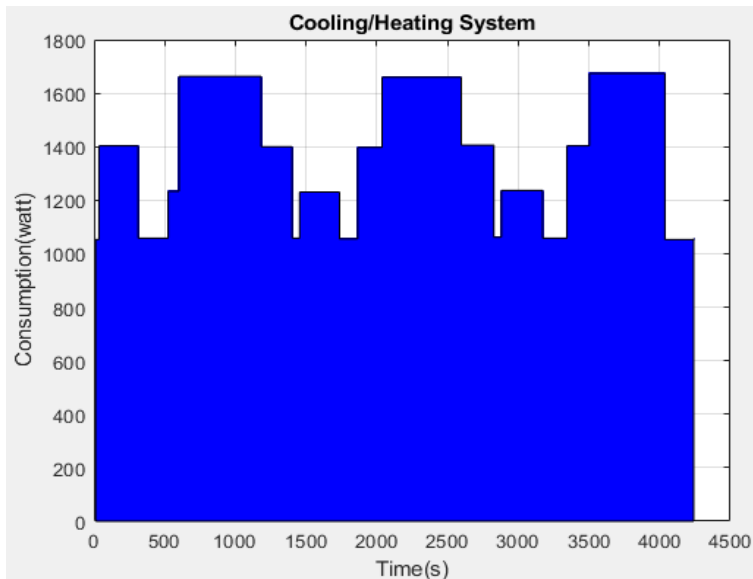


Figura 90. Simulación del consumo eléctrico de un sistema de aire acondicionado y calefacción en el transcurso una hora y media. (anexo 8)

Fuente: Los autores.

En la figura 90, se muestra el consumo eléctrico de un sistema de refrigeración y calor, el cual esta simulado durante un periodo de 4320 segundos de trabajo, se observa, que el consumo es bastante significativo durante todo el tiempo, quizás este sistema represente en su gran mayoría el consumo de la energía eléctrica de la residencia. El consumo de energía del sistema dependerá del estado del tiempo en lugar.

5.5 Ubicación de los paneles Fotovoltaicos en el techo de la vivienda

Guiándonos en los diseños realizados de instalación de nuestro sistema fotovoltaico en el capítulo 3.10. las ubicaciones de nuestros módulos en la vivienda se encuentran en la cubierta, la misma que esta forrada por planchas de eternit y tejas en forma de onda.



Figura 91. Paneles fotovoltaicos ubicados en la cubierta de la vivienda.
Fuente: Los autores.

Se colocó en la parte central de la vivienda los paneles fotovoltaicos, en esta zona no hay sombras que se puedan generar o que tapen la vista del sol hacia los paneles, brindándonos mayor radiación solar para los módulos fotovoltaicos y teniendo una buena producción de energía eléctrica ya que aprovechamos la energía producida por las dos partes de la cubierta.

5.6 Tendido de conductores para la instalación de los paneles fotovoltaicos al interior de la vivienda

Luego de haber realizado la colocación de los paneles fotovoltaicos en la parte superior de la vivienda y puesto la tubería que trasladara los conductores. Se procedió a realizar el tendido de los mismo por la vivienda para realizar la conexión respectiva.



Figura 92. Tendido del conductor en la parte superior de la vivienda.
Fuente: Los autores.

Como podemos ver en la figura 92, el cable concéntrico de 3 x 8 se lo coloco en la parte central, puesto que hay se encuentra la caja de fusión de los paneles hacia nuestro cuarto de máquinas, el conductor recorre horizontalmente 2,50 metros desde el centro de la cubierta hasta la bajante que observamos en la figura 91.



Figura 93. Bajante del conductor eléctrico fotovoltaico hacia el cuarto de máquinas.
Fuente: Los autores.

Como podemos observar en la figura 93, el conductor concéntrico baja verticalmente 3,50 metros desde la cubierta de la vivienda hasta la losa de la segunda planta dirigiéndose a el cuarto de máquinas con una distancia de 4 metros de largo.



Figura 94. Bajante de llegada hacia el cuarto de máquinas.
Fuente: Los autores.

Luego de bajar verticalmente como observamos en la figura 94, llegaremos al cuarto de máquinas recorriendo una distancia de 4 metros, aquí será donde realizaremos la conexión de los equipos para solventar la iluminación de la vivienda como podremos observar en la figura 95 a continuación.



Figura 95. Cuarto de máquinas donde llega nuestro conductor.
Fuente: Los autores.

5.7 Instalación y configuración de los equipos de control del sistema fotovoltaico

Después de haber realizado la colocación de los paneles fotovoltaicos y el tendido del cable conductor, procederemos a realizar la conexión de los equipos fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica de la vivienda, se detallará paso a paso como se realizó la conexión y configuración de los equipos.

5.7.1 Conexión de los paneles fotovoltaicos

En el proyecto de grado realizado, se hizo la conexión de los paneles fotovoltaicos en paralelo ya que lo que se busca es mantener de esta forma la tensión o voltaje de los módulos solares, los cuales se les sumará la corriente que se genera de cada placa conectada, en nuestro caso se utilizó 4 módulos fotovoltaicos con una potencia de 275 W cada uno. Las características generales de los módulos se encuentran en el capítulo 3.4.

5.7.1.1 Como se realiza la conexión en paralelo

Este tipo de conexión se la realiza conectando los polos positivos por una parte y a su vez los polos negativos, manteniendo como se dijo anteriormente la tensión necesaria para la instalación de los equipos. A continuación, observaremos el diagrama de conexión de cómo se realizó.

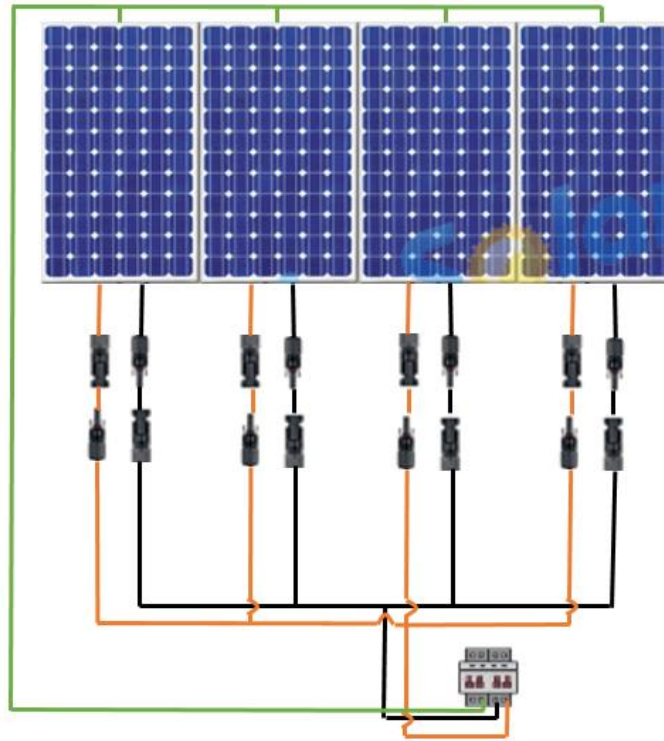


Figura 96. Diagrama de conexión de los paneles fotovoltaicos
Fuente: Los autores.

Como podemos observar en la figura 96, tenemos la salida de los cables positivo, negativo y tierra de los paneles los cuales llegan a un punto de unión de la caja colocada en la parte de debajo de la cubierta, en este punto nosotros comenzamos con el tendido del conductor concéntrico hacia el cuarto de máquinas como explicamos anteriormente en el capítulo 4.6.

5.7.2 Conexión del inversor / regulador a utilizarse

En este punto nosotros realizaremos la conexión del inversor / regulador, recibiremos los cables positivos y negativos de los paneles solares que realizamos la conexión anteriormente, conectaremos al inversor en el puerto solar Input para proceder a realizar el cambio para el consumo residencial.

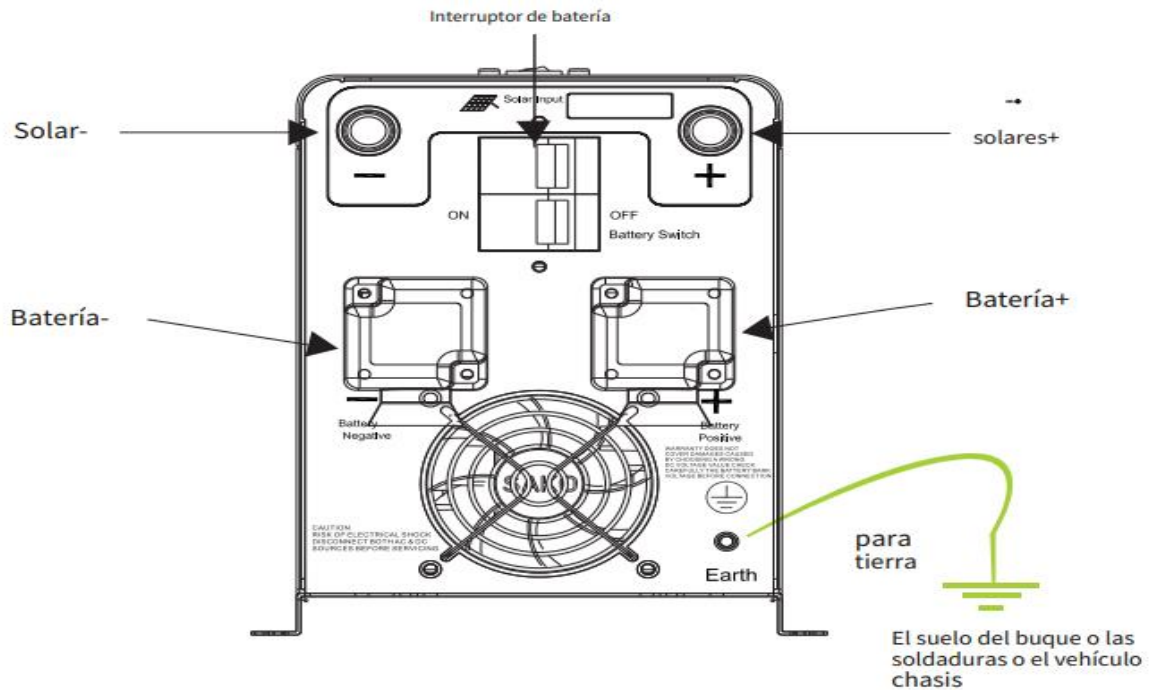


Figura 97. Conexión de conductores solares.
Fuente: Ficha técnica inversor Maxsun, (Anexo 2).

5.7.3 Conexión de baterías de almacenamiento

Para la conexión de las baterías RITAR DC12/200 (12V 200Ah), se realizó la conexión en serie, paralelo para la obtención de 24v a 400 Ah de generación, solventando así la demanda requerida para la iluminación de la vivienda como se calculó anteriormente en el capítulo 3.6.

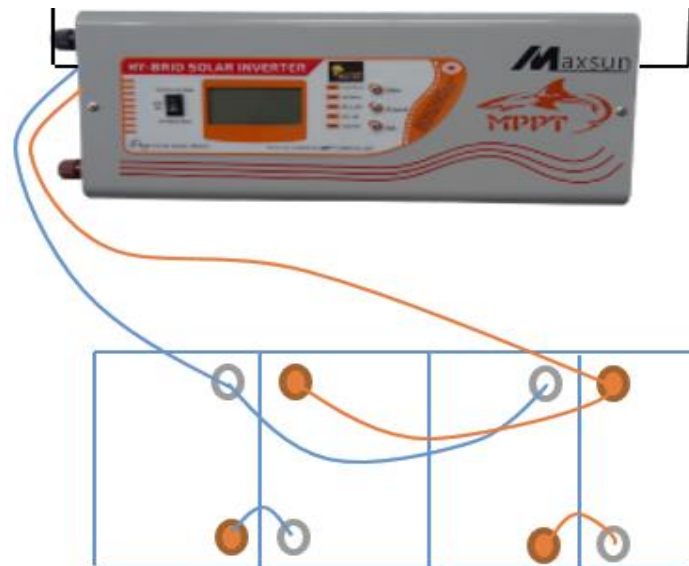


Figura 98. Diagrama de conexión de las baterías con el inversor.
Fuente: Los autores.

Luego de haber realizado la conexión de nuestras baterías, conectamos a nuestro inversor / regulador el cual tiene la función de realizar la transferencia de corriente hacia nuestras fuentes de almacenamiento.

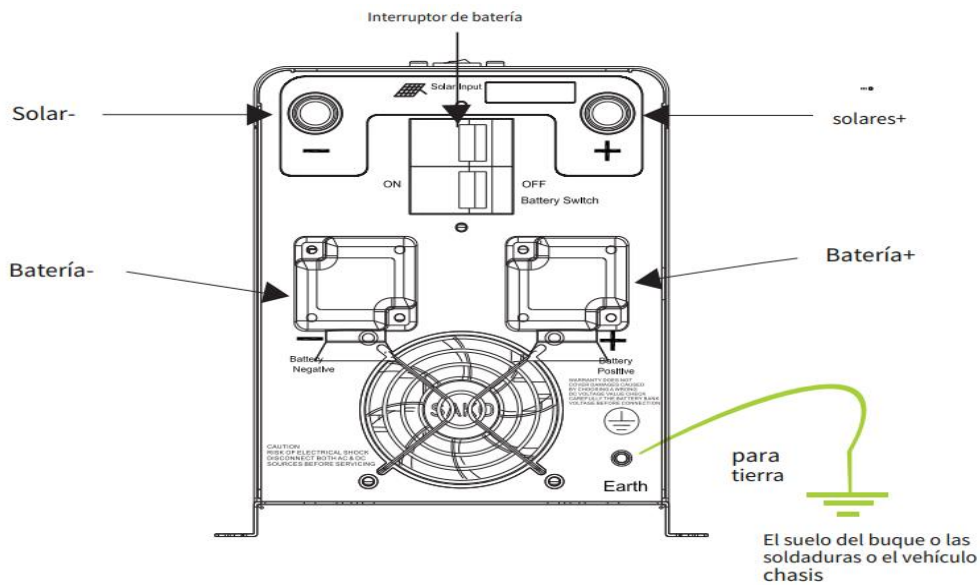


Figura 99. Conexión de conductores de batería al inversor.
Fuente: Los autores.

5.8 Instalación y configuración del módulo de transferencia

El módulo de transferencia o selector de cambio se lo utilizo para realizar el cambio de consumo de energía generada por nuestros paneles fotovoltaicos a energía eléctrica publica, este sistema se lo instalo para que cuando no se disponga de buena captación de radiación solar de nuestros paneles, como estamos conectados al consumo de energía publica se realizara el cambio para no quedarnos sin energía eléctrica en la vivienda.

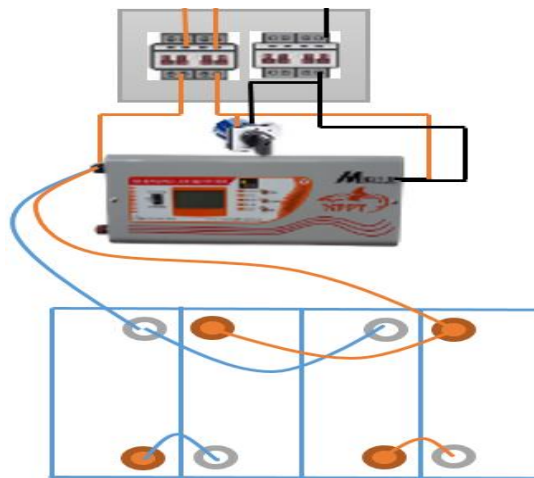


Figura 100. Diagrama de conexión de selector de intercambio de renovable a público.
Fuente: Los autores.

El selector de cambio que se utilizó es de 3 cambio esta de la siguiente manera:

Cambio 1: Energía eléctrica empresa.

Cambio 0: Punto muerto

Cambio 2: Energía renovable producida por los paneles fotovoltaicos.



Figura 101. Conexión de selector en la caja de distribución en el cuarto de los equipos.
Fuente: Los autores.

5.9 Mediciones y pruebas de funcionamiento

5.9.1 Mediciones del sistema instalado

Realizada la instalación del sistema fotovoltaico a la vivienda, se procedió a comprobar que nuestro sistema instalado esté funcionando correctamente, se verificó mediante la pantalla del inversor / regulador los principales parámetros eléctricos que se obtienen, tales como los voltajes de entrada y salida así mismo la corriente generada de entrada y salida.



Figura 102. Funcionamiento del inversor ya instalado.
Fuente: Los autores.

Mediante un selector de tres posiciones se realiza el cambio de la energía fotovoltaica a la energía de la red pública, nuestro inversor regulador como está conectado a los dos sistemas nos muestra los datos de ambos sistemas, ayudándonos de esta manera verificar cuánto se está entregando en tensiones y corriente a la vivienda ambos sistemas cuando estén en funcionamiento.

5.9.2 Pruebas del sistema instalado

Una vez instalado, y verificado los parámetros antes mencionados, se procedió a instalar un grupo de luminarias LED, las cuales fueron colocadas en la parte exterior e interior de la vivienda, con una potencia de 12 W cada luminaria, dándonos un consumo de 384 W, las cuales trabajaron 4 semanas durante 24 horas dándonos los siguientes resultados.

Este sistema instalado, en el día genera energía eléctrica para el consumo de las luminarias y a su vez almacena la energía sobrante en las baterías, las mismas que abastecerán al sistema de iluminación cuando ya no dispongamos de radiación solar.



Figura 103. Uso de la energía renovable almacenada en el transcurso del día.
Fuente: Los autores.

Se verifico en varias ocasiones que las baterías trabajaron a partir de las 6 pm hasta las 5 am sin problema, pasada esta hora nuestro inversor / regulador nos da una señal de alarma auditiva, la cual indica que se debe cambiar a la red eléctrica pública mediante el selector.

También se comprobó el correcto funcionamiento de los módulos fotovoltaicos en días donde no hubo mucha radiación solar por el cambio de clima de la región, dado que estos paneles son más eficientes que los módulos policristalinos, debido a que estos captan de mejor manera la radiación solar.

Se realizó una prueba con un equipo de suelda eléctrica de 200 A realizando puntos suelda en un material, se comprobó que cuando se supera la potencia del inversor / regulador esta emite una señal de alarma, advirtiendo que se superó la potencia que entrega el equipo, esta prueba fue realizada para instalar este sistema al circuito de fuerza a futuro verificando siempre que las cargas no superen la potencia del equipo.

5.10 Costo beneficio del proyecto instalado en la residencia

Tabla 16. Tabla de valores de los equipos instalados.

Equipos	Cantidad	Precio unitario USD	Precio total
Paneles solares	4	150	600
Baterías de gel	4	230	920
Controlador- Inversor de carga ON GRID	1	640	640
Equipos de protección	-	80	80
Cables y conectores	-	100	100
Armario eléctrico	1	60	60
Ductos para conductores	-	50	50
Estructura para los paneles	2	90	90
Mano de obra	-	700	700
		Total	3240

Fuente: Los autores

En la tabla 16, se puede observar los valores invertidos en el proyecto y su valor total, donde se puede apreciar que los valores más altos del proyecto son las baterías, el inversor y la mano de obra, en nuestro caso el proyecto fue cubierto en su totalidad por el dueño de la vivienda, la mano de obra está cubierta por los participantes, que ejecutaron el proyecto desde la fase inicial hasta la final, se lo muestra en la tabla para el análisis del costo beneficio del cliente.

En el análisis del consumo eléctrico de la vivienda se determinó que el consumo aproximado de cada mes es de 360 kilovatios, que representa su costo en dólares de la venta de la energía de \$ 33.12, a esto se le tiene que sumar los valores por recargas de impuestos de contribución pública, llegando a pagar el cliente un valor de \$ 53.30 dólares.

$$\text{Consumo de vivienda} = \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \text{costo de energía eléctrica} \quad (35)$$

$$\text{Consumo de la vivienda} = 360 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * 0.092 = \$ 33.12 \quad (36)$$

A continuación, observaremos mediante una ecuación, cuanto será nuestro valor de ahorro de generación de nuestro sistema de paneles fotovoltaicos con el consumo normal de la residencia.

$$PV_{producida} = PV_{Total} * Horas\ de\ uso \quad (37)$$

$$PV_{producida} = 1.2\ Kw * 8 = 8.8\ Kwh \quad (38)$$

$$PV_{Generado} = PV_{producido} * 30\ dias\ del\ mes \quad (39)$$

$$PV_{Generado} = 10.56 * 30 = 316.8 \frac{Kwh}{mes} \quad (40)$$

$$PV_{total} = PV_{generado} * consto\ de\ energia\ electrica \quad (41)$$

$$PV_{total} = 316.8 \frac{Kwh}{mes} * \$ 0.092 = \$ 29.14 \quad (42)$$

El resultado obtenido de ahorro por los paneles fotovoltaicos es de \$ 29.14 dólares, siendo estos calculados con una potencia instalada de 1.1 Kwh, generándonos así una que nuestro costo inversión se podrá recuperar en nueve años y medio, con la opción de bajar el tiempo de recuperación de nuestra inversión o igualar, al implementar un nuevo sistema de baterías de almacenamiento y un inversor de más potencia, esto es posible ya que se disponen de cuatro módulos de 275 Wp. Las baterías e inversor que luego no se utilicen se tiene previsto implementar en otra vivienda, la cual requiera este tipo de energía, obteniendo una ganancia base para la inversión que se piensa hacer en un futuro.

Como podemos observar en la ecuación (42) obtuvimos una producción de \$ 29.14 aproximadamente, la cual realizaremos la comparación total del consumo normal de la vivienda.

$$Ahorro_{total} = Consumo\ de\ vivienda - PV_{total} \quad (43)$$

$$Ahorro_{total} = \$ 33.12 - \$ 29.14 = \$ 3.98 \quad (44)$$

Estos valores comprenden al consumo en el sistema de iluminación y algunas tomas de fuerza de la vivienda de la vivienda con se explicó anteriormente.

Según Alvarado y Arévalo (2010) indican que para que una edificación o vivienda sea considerada automatizada, tiene que cumplir cuatro parámetros básicos.

- **Automatización de funciones:** La residencia tiene que presentar gran autonomía al momento de controlar funciones tales como la temperatura, movilidad, seguridad, iluminación etc.
- **Automatización de actividades:** La residencia debe permitir al usuario la transmisión de información desde otro lugar de trabajo, sea esta por medio de voz, video, envío de señales etc.
- **Telecomunicaciones Avanzadas:** Este sistema implementado tiene que ser capaz de permitir la transmisión de audio, video, señales de control, entre otras, mediante servicios como: televisión, seguridad, telefonía interior y exterior, los mismos que puedan ser controlados internamente y externamente.
- **Flexibilidad al cambio:** Los sistemas automáticos de la edificación deben ser contruidos de tal manera que permitan la modificación, implementación de nuevos dispositivos sin la necesidad de realizar cambios en la infraestructura de la vivienda, esto con el fin de satisfacer las necesidades de los usuarios.

Según Gunge y Yalagi (2016) en su artículo publicado "Smart Home Automation" manifiestan que para que una residencia pueda ser considerada Smart Home tiene que tener cuatro componentes básicos.

- **Interfaz de usuario:** Es el medio por el cual el usuario puede controlar cualquier proceso dentro la vivienda; puede ser esta una computadora o un Smartphone.
- **Método de transmisión:** Esto hace referencia a la forma de conexión de los dispositivos, mediante Ethernet, radiofrecuencia, bluetooth etc.
- **Controlador central:** Se puede decir que es un dispositivo fijo en el interior de la vivienda capaz de controlar los procesos automatizados.
- **Dispositivos electrónicos:** Son todos los aparatos como: luminarias, calefactores, aires acondicionados, refrigeradoras, lavadoras entre otros que pueden ser controlados desde cualquier lugar o por medio de una unidad central de control.

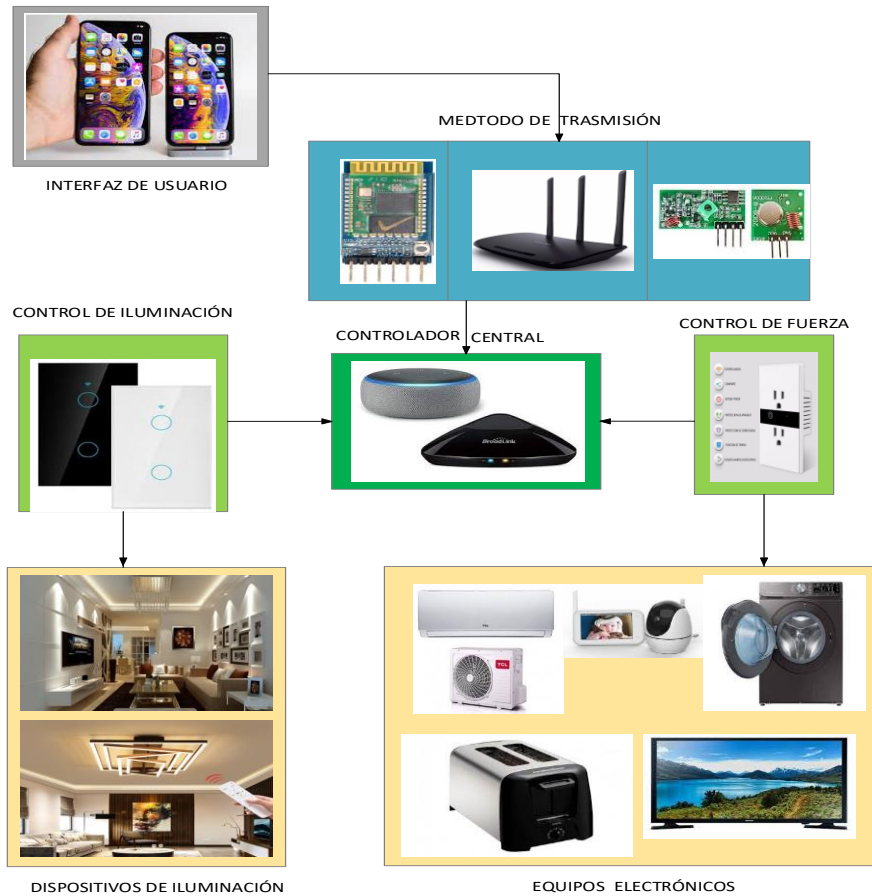


Figura 105. Componentes básicos de una Smart Home.
Fuente: Los Autores

6.2 Curvas De Demanda

Las siguientes curvas que se muestra a continuación, nos indican la demanda energética que tiene la vivienda. Se analizó el consumo de cada planta de la residencia, obteniendo así el consumo total de las cargas eléctricas.

Tabla 17. Cuadro de cargas de la primera planta

CONSUMO DE EQUIPOS VIVIENDA	DE DE	POTENCIA W O VA	POTENCIA EN KW	HORAS DIARIAS DE USO	KWh	KWh/mes	costo mensual
		P	P/1000	t	P.t	*30	\$0,09
LUZ PLANTA BAJA		260	0,26	8	2,08	62,4	5,6784
VEHICULO ELECTRICO		7400	7,4	4	29,6	888	80,808
LAVADORA		500	0,5	2	1	30	2,73
REFRIGERADORA		300	0,3	6	1,8	54	4,914

LICUADORA	400	0,4	0,2	0,133	3,99	0,36309
TOSTADORA	900	0,9	0,2	0,3	9	0,819
MICROONDAS	600	0,6	0,2	0,12	3,6	0,3276
COMPUTADOR	300	0,3	5	1,5	45	4,095
TELEVISOR	500	0,5	8	4	120	10,92
				TOTAL, DE FACTURA	1215,99	110,65509

Fuente: Los autores

Como se puede observar en la tabla 17, se tiene el consumo de los equipos eléctricos de la primera planta en el transcurso del día. El consumo total en KW/hora/mes es de 1215.99, dando un valor aproximado a cancelar por el usuario de \$110.65.

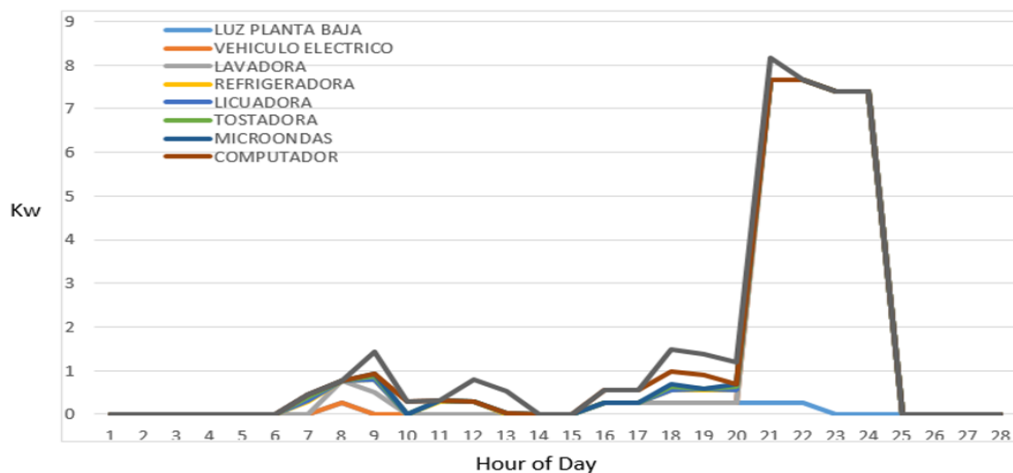


Figura 106. Curvas de demanda de la primera planta.

Fuente: Los autores

En la figura 106, se observa el comportamiento del consumo eléctrico de los equipos en el transcurso del día, siendo el vehículo eléctrico el de mayor consumo con un valor de 888 Kw/horas/mes, y el de menor consumo es el microondas con un consumo de 3.6 Kw/horas/mes.

Tabla 18. Cuadro de cargas de la segunda planta.

CONSUMO DE EQUIPOS VIVIENDA	POTENCIA W O VA	POTENCIA EN KW	HORAS DIARIAS DE USO	KWh	KWh/mes	costo mensual
	P	P/1000	t	P.t	*30	\$0,09
LUZ PLANTA ALTA	708	0,708	8	5,664	169,92	15,46272

PLANCHA	1000	1	0,3	0,3	9	0,819
EQUIPO DE SONIDO	200	0,2	4	0,8	24	2,184
SECADORA DE CABELLO	1200	1,2	0,2	0,24	7,2	0,6552
TELEFONO CELULAR	50	0,05	2	0,1	3	0,273
CAMINADORA	1500	1,5	2	3	90	8,19
COMPUTADOR	300	0,3	4	1,2	36	3,276
TELEVISOR	500	0,5	6	3	90	8,19
				TOTAL, DE FACTURA	429,12	39,04992

Fuente: Los autores

Como se puede observar en la tabla 18, se tiene el consumo de los equipos eléctricos de la Segunda planta en el transcurso del día. El consumo total en KW/hora/mes es de 429.12, dando un valor aproximado a cancelar por el usuario de \$39.04.

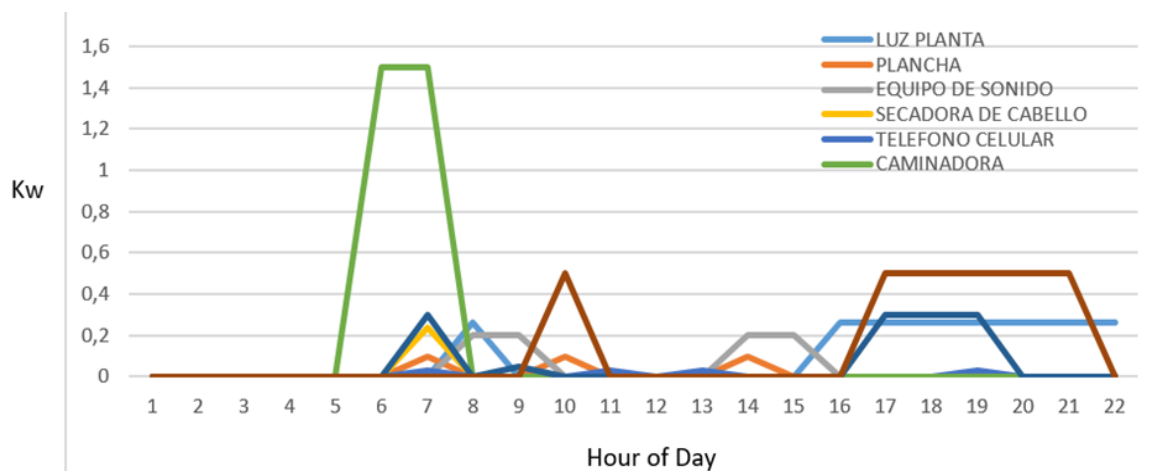


Figura 107. Curvas de demanda de la segunda planta.

Fuente: Los autores

En la figura 107, se observa el comportamiento del consumo eléctrico de los equipos en el transcurso del día, siendo la caminadora eléctrica la de mayor consumo con un valor de 90 Kw/horas/mes, y el de menor consumo es el cargador del teléfono móvil con un consumo de 3 Kw/horas/mes.

Análisis general: Realizado el análisis de las dos graficas que corresponde a la primera y segunda planta, se tiene un consumo total de 1645 Kw/hora/mes, con valor aproximado de la venta de la energía de \$151.34, dado estos resultados se realizó un estudio de la implementación de un sistema hibrido, que ayude a reducir gasto de la energía que se consume de la red pública, a su vez también se realizó un diseño para implementar dispositivos inteligentes, que mejoren la eficiencia energética del sistema.

6.3 Simulación del sistema hibrido (Solar-Eólico), pensado a futuro a implementar en la vivienda

Luego de haber realizado la instalación de los módulos fotovoltaicos en la residencia ubicada en San Cristóbal - Paute, se realizó una simulación en el programa HOMER PRO de un sistema hibrido conectado a la red. Para solventar en su mayoría el consumo eléctrico de la vivienda, mediante el uso de energías renovables amigables con el medio ambiente.

A continuación, se presentará la respectiva simulación del sistema hibrido en el software antes mencionado.

6.3.1 Resultados obtenidos del software HOMER PRO del sistema hibrido

Esquema de conexión del sistema hibrido con energía solar y energía eólica para la producción y almacenamiento de energía realizado en HOMER PRO.

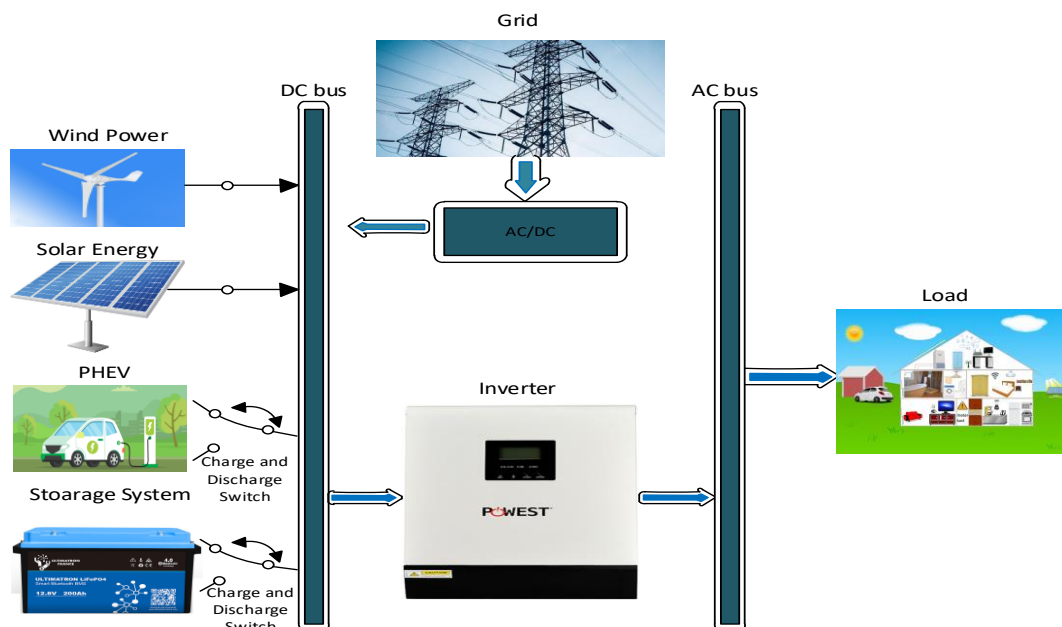


Figura 108. Diseño en HOMER PRO de un sistema hibrido FV-WT para la producción y entrega de energía.

Fuente: Los autores

Como se puede observar en la figura, se realizó el diagrama de conexión, el cual se procedió a realizar la simulación en software antes mencionado. Entregándonos datos de la radicación solar, de velocidad del viento y de temperatura en el lugar a implementar este sistema, siendo estos fundamentales para el cálculo, de los equipos a utilizarse.



Figura 109. Cálculo de radiación solar en la zona.

Fuente: Los autores.

En la figura 109, se puede observar en la parte de la izquierda se encuentra la tabla de radiación solar que hay en la zona donde está proyectado a futuro el sistema híbrido, estos datos nos permitirán realizar de la mejor manera los cálculos, para saber de cuánta potencia se requieren los equipos para el correcto funcionamiento.

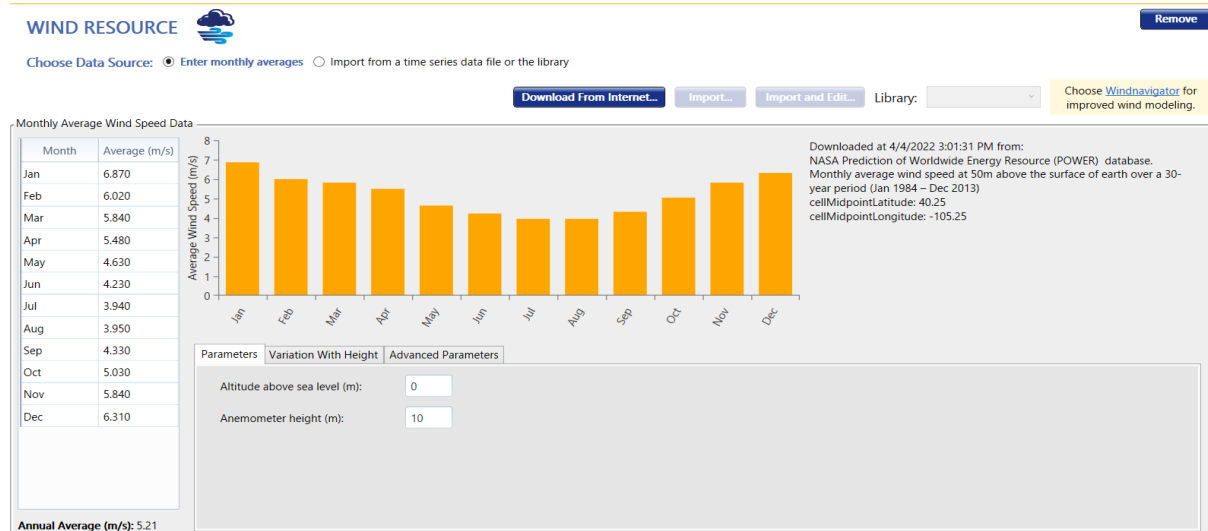


Figura 110. Cálculo de la velocidad del viento de la zona a realizar la proyección del sistema eólico.

Fuente: Los autores.

Como se puede visualizar en la figura 110, en la parte de la izquierda se encuentra la tabla de la velocidad del viento en la zona de San Cristóbal donde está proyectado a futuro el sistema híbrido, estos datos nos permitirán realizar de la mejor manera los cálculos, para saber de cuanta potencia se requieren los equipos para el correcto funcionamiento de los mismos.

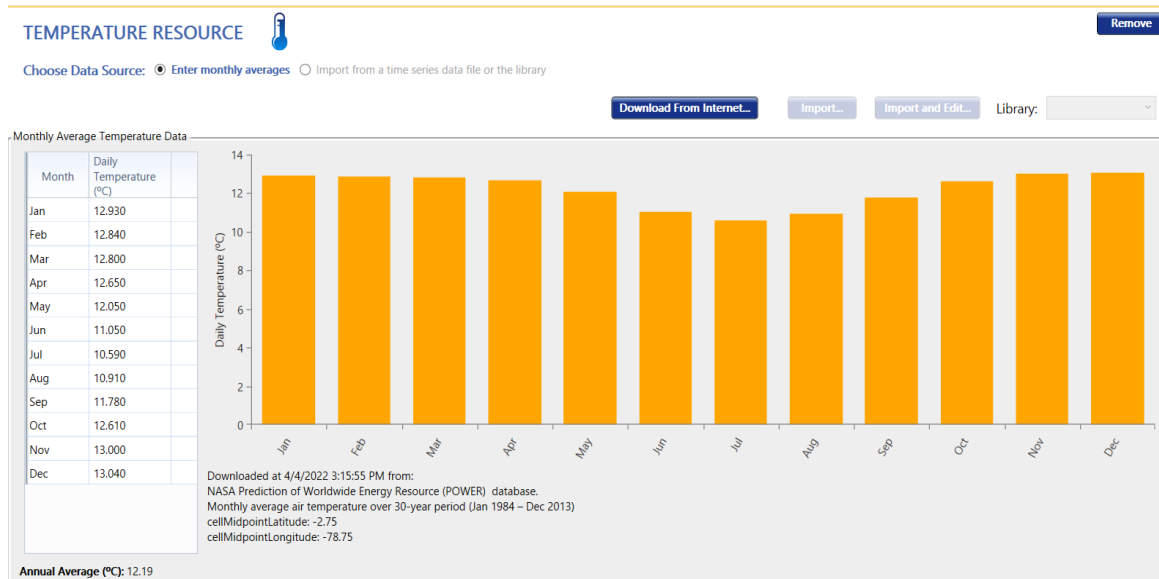


Figura 111. Cálculo de la temperatura de la zona.
Fuente: Los autores.

En este punto se realizó el cálculo de la temperatura aproximada de la zona como podemos observar en la figura 111, estos datos nos ayudarán para visualizar en las condiciones que podrán estar los equipos en la zona, siendo estos resultados favorables para la instalación de los mismo ya que es una zona donde no tiene ni muy altas temperaturas ni muy bajas respectivamente.

6.4 Diseño de un sistema híbrido (Solar-Eólico), para ser instalado a futuro en la vivienda

6.4.1 Energía Eólica

La energía eólica se obtiene a partir del aire presente en la atmosfera, es decir mediante la energía cinética en movimiento de las corrientes de aire.

El termino eólico viene del latín (Aeolicus), que pertenece a Eolo dios de los vientos en la mitología griega, y por lo tanto pertenece al viento. Este tipo de energía es aprovechada por un rotor que gira a medida que circula el viento por sus aspas. (Neira R & Velecela M, 2014).

La potencia del viento está centrada en tres factores:

1. **Densidad del aire**
2. **Velocidad del viento**
3. **Área por donde pasa el viento (rotor)**



Figura 112. Parque eólico para la generación de energía eléctrica
Fuente: (ambienteradio, 2019)

6.4.2 Aerogeneradores

Estos cumplen con la función de transformar la energía cinética de las corrientes del viento en energía eléctrica. Su funcionamiento es muy simple, el viento incide sobre las aspas del aerogenerador y lo hace girar, este movimiento de rotación se transmite al sistema multiplicador de velocidad, en el generador se producirá la corriente eléctrica, que se llevará hasta las líneas eléctricas, para alimentación de algún tipo de carga. (Neira R & Velecela M, 2014)

Partes del Sistema

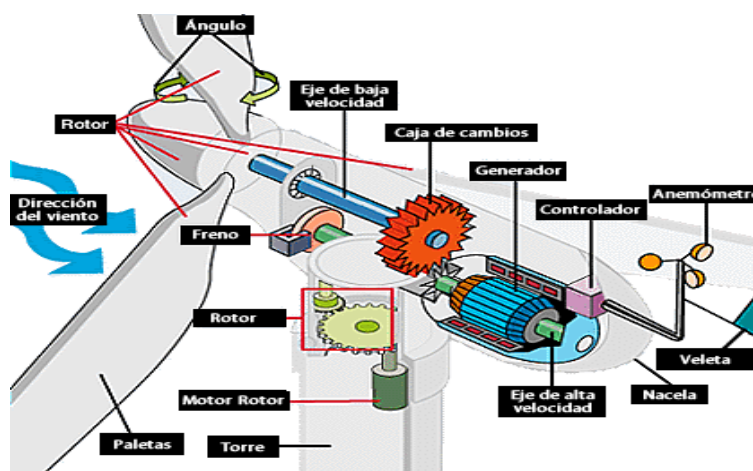


Figura 113. Partes constructivas de un Aerogenerador
Fuente: (researchgate, 2017)

El rotor. – Es el encargado de transformar la energía del viento en energía mecánica. Este se compone de tres partes importantes del sistema: las palas, el eje (transmite el movimiento giratorio de las palas al aerogenerador) y el eje (que se encarga de fijar las palas al eje).

Las palas se pueden indicar que es uno de los elementos más importantes, ya es quien recibe las corrientes del viento y se mueven gracias a su diseño aerodinámico.

Multiplicador. – Es un elemento que se encuentra conectado al rotor que multiplica el número de revoluciones del eje necesarias para alcanzar el elevado número de revoluciones que necesitan los dinamos y los alternadores. Se pueden clasificar en dos tipos los de poleas dentadas y los de engranaje.

Multiplicador de poleas dentadas. – Se utilizan para el trabajo de los rotores de baja potencia.

Multiplicador de Engranaje. - Este tipo de multiplicador se utiliza para potencias medias y altas, están protegidos en cajas blindadas para evitar algún desajuste y desengrasado que pueda afectar su funcionamiento.

Generador. – Es el encargado de transformar la energía mecánica en energía eléctrica. En base de la función del aerogenerador utilizan dinamos (son generadores de corriente continua y se usan en pequeños aerogeneradores, que almacenan la energía eléctrica en Baterías) o alternadores (son generadores de corriente alterna).

Góndola. – Es la estructura en la que se resguardan todos los elementos básicos de la transformación de energía, aquí están el eje del rotor, generador, multiplicador y sistemas auxiliares.

Torre. - La torre en donde estará el aerogenerador y sus elementos auxiliares. Está construida sobre una base de hormigón armado, la torre está fijada con pernos y deberá ser resistente para soportar todo el peso del aerogenerador y los esfuerzos del viento. En su base está el armario eléctrico, quien alberga el cableado eléctrico que proviene de la góndola y los elementos de generación, así como el transformador eléctrico, que eleva la tensión.

6.4.3 Sistemas Renovables Híbridos

Estos tipos sistemas es cuando dos o más energías renovables se integran para entregar energía eléctrica a una determinada carga, pueden trabajar con energía (Solar-Eólica, fotovoltaica- Térmica, hidroeléctrica, biomasa entre otras). Se acoplan para proveer energía o calor, o ambos al mismo tiempo para compensar el sistema. (Neira R & Velecela M, 2014)

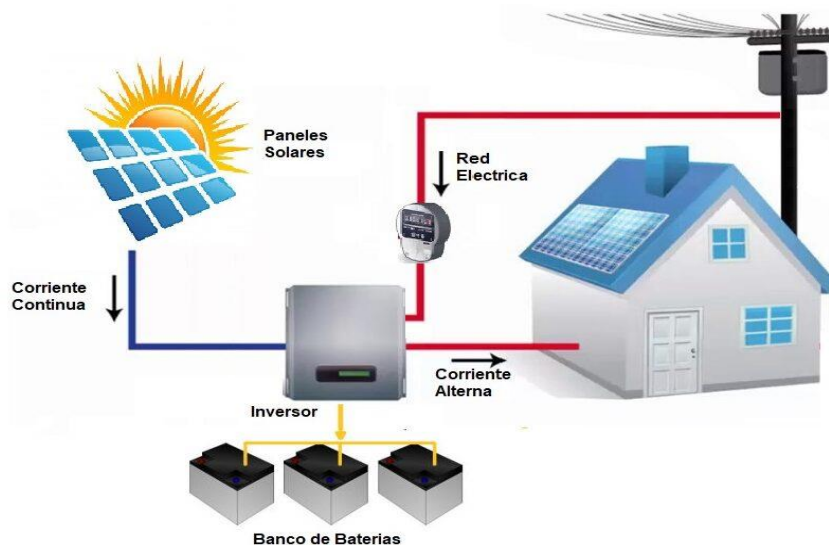


Figura 114. Sistema híbrido integrando energía eólica, fotovoltaica y la red eléctrica
Fuente: (solartech-energy, 2021)

6.4.4 Configuración de los sistemas híbridos

Este tipo de sistemas parten de la unión de dos o más sistemas de generación, puede ser uno convencional y el otro renovable, para garantizar el flujo continuo de la energía eléctrica. La configuración propia de un sistema híbrido es la siguiente. (Ochoa D & Ronquillo M, 2021)

1. Una o más energías renovables: fotovoltaica, eólica, hidráulica
2. Una o más unidades de generación tradicional: Diésel, gas, carbón
3. Sistema de almacenamiento, que puede ser del tipo mecánico, electroquímico
4. Sistemas de acondicionamiento de la potencia: rectificadores, reguladores de carga, inversor.
5. Sistema de control y regulación de carga.

6.4.5 Dimensionamiento de un sistema híbrido

Antes de comenzar con un proyecto con varias fuentes de energía, es importante conocer la disponibilidad de las fuentes de energía tales como: Biomasa, el viento, la radiación solar etc. En general es necesario utilizar a lo máximo la energía renovable, pero hay que tener en consideración los costos que esta instalación implique, los aspectos sociales, la infraestructura y el tiempo de vida útil de la instalación. (Ochoa D & Ronquillo M, 2021)

Los proyectos híbridos siempre deben apoyarse con sistemas convencionales, que aseguren el continuo suministro de energía eléctrica y en caso de su excesiva generación se pueda vender a la empresa pública. (Ochoa D & Ronquillo M, 2021)

6.4.6 Sistema Fotovoltaico con energía eólica

Este tipo de instalación tiene que estar contemplado con la presencia de viento y sol, que garanticen todo el tiempo la generación de energía eléctrica. Los sistemas híbridos optimizan las mejores condiciones del viento y el sol; en días fríos y nublados son ideales para el trabajo de los aerogeneradores, mientras tanto que en los días soleados con anticiclón son aprovechadas por los paneles fotovoltaicos. (Castiblanco D & Parra, 2020)

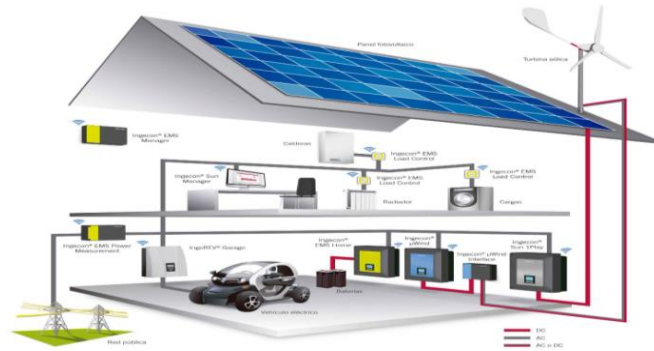


Figura 115. Sistema híbrido solar - fotovoltaico

Fuente: (sitecnosolar, 2020)

Esquema de instalación

La instalación de este sistema se muestra en la siguiente figura que consta de placas fotovoltaicas, un aerogenerador, este está conectado al controlador de carga, que se encarga de suministrar de energía a las baterías. En paralelo están los paneles fotovoltaicos que mediante el controlador de carga se conectan a las baterías, en este tipo de instalación se requiere de un controlador e inversor de carga más complejo que garantice la fiabilidad de operación del sistema. (Castiblanco D & Parra, 2020)

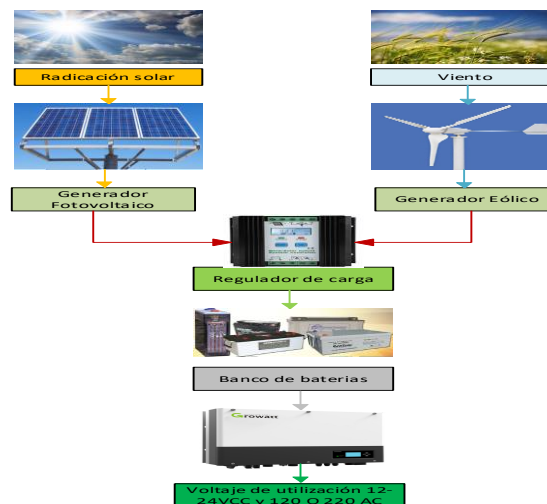


Figura 116. Diseño de un sistema híbrido solar fotovoltaico para la instalación a futura

Fuente: Los autores

6.5 Análisis y determinación de la potencia del aerogenerador

Para el cálculo de la energía total requerida en el día, se analizaron la cantidad de cargas que estarán conectadas en la residencia, considerando los sistemas de iluminación. A continuación, se presenta una tabla con las potencias de cada carga más el tiempo de consumo diario.

Tabla 19. Potencias de las cargas que dependerán del uso del aerogenerador.

NÚMERO DE CARGAS CONECTADAS EN LA RESIDENCIA					
Carga	Cantidad	Potencia Individual en (W)	Potencia Total en (W)	Horas de uso diarias	Consumo diario máximo KWh/día
1	Refrigeradora	300	300	10	3
1	Lavadora	500	500	3	1.5
1	Olla arrocera	700	700	1.5	1.05
1	Microondas	1200	1200	0.15	0.18
1	Licuadaora	400	400	0.20	0.08
1	Batidora	350	350	0.5	0.175
1	Tostadora	1000	1000	0.20	0.2
1	Radio	60	60	5	0.3
	Total		4510		6.50

Fuente: Los autores.

Fórmula para el Calcular el consumo diario de la tabla

$$E_{Tdiaria} = \frac{P(W) \times t(horas)}{1000} \quad (45)$$

Análisis

La residencia tiene las siguientes cargas que estarán alimentadas a futuro con el aerogenerador, como se indica en la tabla el consumo total de las cargas descritas es de 6.50 KWh/día, considerando esta potencia se analiza la instalación a futuro de un aerogenerador de 1.5 KW, que estaría generando una cantidad de energía de 1.5KWh, esto quiere decir el equipo genera esta energía en una hora de trabajo, si consideramos que el equipo trabaja 24 horas al día, según estudios se ha comprobado que el viento es constante entre unas ocho a doce horas, para nuestro estudio hemos analizado que en el lugar hay buenas corrientes de aire constantes durante unas 8 horas, por lo tanto partiendo de esta información se calcula

que el equipo puede generar en el día una cantidad de energía de 12KWh/día, esta generación es suficiente para cubrir las necesidades de potencia de la vivienda.

La energía que se genere por exceso será vendida a la empresa eléctrica pública, utilizando un medidor bidireccional y que esta pueda ser aprovechada por otros usuarios a un precio menor. (Huang S & Peiyao Li & Quiwei Wu & Fangxing Li & Rong Fei, 2020)

Fórmula para calcular la potencia del generador en un día

$$E_{Tgen} = t (\text{horas}) \times P (\text{Wh/día}) = 8 \text{ H} \times 1.5 \text{ kW/h} = 12 \text{ KWh/día} \quad (46)$$

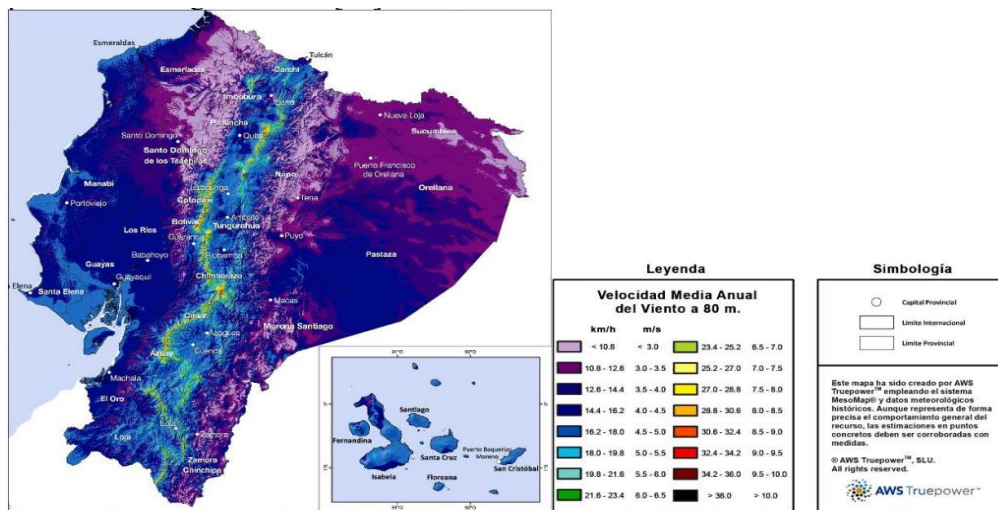


Figura 117. Atlas eólico del Ecuador, velocidad media anual del viento a una altura de 80m seleccionando puntos máximos.
Fuente: (CELEC, 2020)

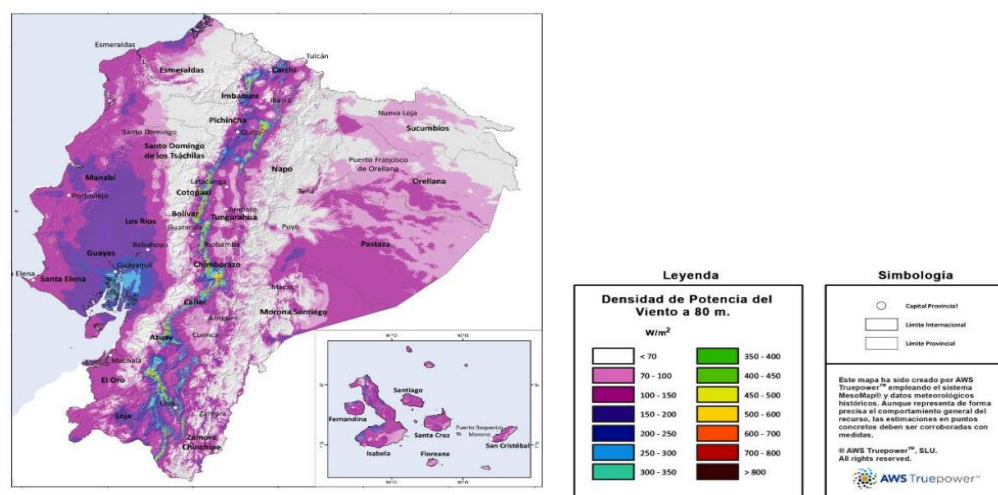


Figura 118. Atlas eólico del Ecuador, densidad de potencia del viento a 80 m seleccionando puntos máximos.
Fuente: (CELEC, 2020)

Los datos referidos para este lugar son: la velocidad media del viento, la altura en la que se encuentra la densidad del viento con respecto al nivel del mar, la constancia del flujo laminar del viento, que significa por la altitud el viento tiende a tener una dirección predominante. (Valverde A, 2021). En nuestro caso se utilizó un anemómetro para tomar medidas de la velocidad viento en el lugar, las medidas alcanzadas fueron de 3.46 m/s a 5 m/s la medida se realizó desde las 12H00 hasta las 14H00.

6.5.1 Selección del aerogenerador

En la elección del equipo se analizaron algunas características importantes tales como: la potencia nominal, sea cercanas a las del estudio eólico de la zona, se tomaron en cuenta el rendimiento a la velocidad media del viento en el mapa eólico, que es de 5.5 a 7.8 m/s aproximadamente.

Se han considerado algunos parámetros importantes como la velocidad de arranque, velocidad nominal y la velocidad de parada, también se tomó en cuenta las velocidades máximas que soporta el equipo, tomando en cuenta la velocidad del viento máxima de la zona. (Valverde A, 2021), (Herrera V. (2011)

Tabla 20. Aerogeneradores de la marca HISSUMA/SOLAR. (anexo 9,10,11)

Marca: HISSUMA/SOLAR				
Topología	Pmax	Voltaje nominal	Velocidad de arranque (m/s)	Velocidad de potencia nominal (m/s)
Horizontal	600W	24	2.5	8
Horizontal	1000W	48	2.5	8
Horizontal	1500W	48	2.5	8

Fuente: Los autores

Tabla 21. Características técnicas del aerogenerador HISSUMA/SOLAR de 1.5 KW. (anexo 9,10,11)

Características técnicas	
Potencia nominal	1500 W
Potencia máxima	1700 W
Voltaje nominal	48 V
Diámetro del rotor	3 m

Velocidad de potencia nominal	8 m/s
Velocidad de arranque	2.5 m/s
Velocidad de trabajo	3-25 m/s
Altura de la torre	6 m
Vida útil	>15 Años

Fuente: Los autores

6.5.2 Dimensionamiento del sistema

Energía total = 6500 W

Carga Instalada = 4510 W

Voltaje nominal del sistema = 24 V

Degradación del sistema = 10%

Reserva futura del sistema 15%

6.5.2.1 Desarrollo de Formulas

Capacidad necesaria:

$$Cap = \frac{E_T(Wh/dia)}{V_n(V)} = \frac{6500 Wh/dia}{48 V} = 135.41 Ah/dia \quad (47)$$

Capacidad efectiva:

$$Cap_{efec} = \frac{Cap_{efec}}{(1-Rfut)} = \frac{135.41 Ah/dia}{(1-10\%)} = 150.45 Ah/dia \quad (48)$$

Capacidad total:

$$Cap_T = \frac{Cap_{efec}}{(1-Rfut)} = \frac{150.45 Ah/dia}{(1-15\%)} = 177 Ah/dia \quad (49)$$

Subsistema de acumulación

Tabla 22. Características técnicas de la batería. (anexo 12,13)

Características técnicas de la batería	
Capacidad (Ah)	200
Voltaje nominal (V)	12
Eficiencia de la batería	95%
Profundidad de descarga	80%
Temperatura de operación	20 °C- 70 °C
Vida útil de diseño	15 años

Fuente: Los autores

Tabla 23. del peso y medida de la batería.

Dimensiones y peso	
Longitud (mm)	635
Anchura (mm)	315
Altura (mm)	373
Peso (Kg)	75

Fuente: Los autores

Banco de baterías

Días de autonomía = 3

Capacidad del Banco de Baterías

$$Cap_{Bat} \frac{Cap_T \times n}{PDD} = \frac{177 \text{ Ah/día} \times 3 \text{ días}}{0.8} = 663.75 \approx 700 \text{ Ah} \quad (50)$$

Numero de Baterías en serie

$$NB_S = \frac{V_n}{V_{n_{Bat}}} = \frac{24 \text{ V}}{12 \text{ V}} = 2 \quad (51)$$

Numero de baterías en paralelo

$$NB_P = \frac{Cap_{Bat}}{AH_{Bat}} = \frac{663.75 \text{ Ah}}{200 \text{ Ah}} = 3.31 \approx 4 \quad (52)$$

Número total de Baterías

$$NB_T = NB_S \times NB_P = 2 \times 4 = 8 \quad (53)$$

Capacidad del inversor/regulador

$$Cap_{Inv} = \frac{Cap_{Inst} \times 100\%}{\eta_{Inv}} = \frac{4510 \times 100\%}{80\%} = 5637.5 W \approx 6000 W \quad (54)$$

Tabla 24. Características principales del inversor/ regulador. (anexo 14)

Características técnicas del regulador/inversor marca Growatt SPH 6000	
Voltaje de baterías nominal	12 V, 24 V, 48 V, 60 V
Corriente máxima de carga	60 A
Potencia máxima PV	8000 W
Consumo en espera	Menor a 3 W
Eficiencia de conversación	97.5 %
Puntos de ajuste de voltaje	42 ~ 59 V
Rango de operación de temperatura	-25 °C ...+ 60 °C
Grado de Protección	IP65
Peso	33.5 KG
Dimensiones	547mm/516mm/170mm
Garantía	10 años
Potencia nominal	6000 W
Potencia aparente máxima	6000 VA
Voltaje de entrada en DC	48 V
Voltaje de salida	120 Vca
Frecuencia de salida	50/60HZ
Señal de salida	Onda senoidal pura
Eficiencia	97.5%

Fuente: Los autores

6.6 Verificación de la ubicación del aerogenerador en la vivienda

En las instalaciones eólicas es importante considerar algunos criterios técnicos para su ubicación, se sabe que en las zonas rurales la velocidad del viento es mayor, que en las zonas urbanas que tienen cerca casas y edificios que obstaculizan la entrada de viento al aerogenerador. En el caso nuestro la instalación está proyectada en una zona rural con muy pocas casas a su alrededor, que garantizan un buen fluido de viento. (Servan J, 2014), (Herrera V. (2011).

6.6.1 Criterios técnicos para el montaje de una turbina eólica residencial

Es necesario conocer que, para instalar un aerogenerador en una vivienda, se tiene que tener en cuenta la cantidad suficiente de viento en la zona, el espacio disponible del lugar, los obstáculos que interfieran con el flujo del viento al sistema. Como primer paso está en averiguar datos del viento en el mapa eólico del Ecuador, que se puede encontrar disponible en la internet. Además de esto se tiene que verificar la presencia de viviendas alrededor, árboles, por lo general hay que asegurarse que no exista nada por delante que pueda afectar la entrada de aire al aerogenerador. (Servan J, 2014)

6.6.2 Forma más precisa de saber el viento que sopla en la zona

En un parque eólico grande lo ideal es llevar un estudio previo del viento en la localización del lugar, para determinar de forma segura el funcionamiento del sistema a lo largo del año y poder realizar un plan económico. Esta consideración sería factible para una instalación eólica grande, sin embargo, cuando se trata de pequeñas instalaciones eólicas puede resultar costoso tener todo un sistema de medición de viento, por esta razón se podría instalar una torre con un anemómetro en punto exacto durante unos meses, para luego extrapolar los resultados con las estaciones meteorológicas más cercanas del lugar y realizar la instalación con seguridad. (Herrera V, 2011)

6.6.3 Selección de la turbina que se tiene que instalar

En la época actual es común encontrar una gran cantidad de modelos de aerogeneradores para uso residencial, de más de 200 fabricantes distintos, el tamaño dependerá del viento, de la producción que queramos, también dependerá de la posibilidad de anclaje en el sitio, según García un aerogenerador de un 1KW de potencia puede tener unas palas de 80 a 90 cm, lo que da un estimado de un diámetro de casi 2 metros de rotor, que requiere una altura aproximada de unos diez metros, lo normal de una instalación eólica en un tejado es utilizar aerogeneradores de 400 a 2 KW, según un análisis técnico destaca que una buena elección de una turbina eólica y su instalación, dependerá que esta no produzca ruidos o vibraciones cuando esté en funcionamiento.

La potencia de un aerogenerador de potencia nominal de 1KW significa que esa es la capacidad máxima que puede generar cada hora siempre y cuando haya viento. En zonas de buen flujo de viento se puede conseguir entre unos 6 a 7 KWh al término de un día. Por citar como ejemplo un frigorífico muy eficiente consume un 1.5 KWh por día, es favorable para reducir el consumo energético del hogar. (Herrera V, 2011)

6.6.4 Resultados obtenidos de la simulación del sistema híbrido en HOMER PRO

Luego de haber realizado el cálculo de potencia de los equipos a utilizar, procedemos a realizar la respectiva simulación del sistema híbrido que se planea implementar a futuro en la residencia.

Optimization Results																	
Left Double Click on a particular system to see its detailed Simulation Results.																	
Architecture							Cost				System			EnphIQ6		G1500	
EnphIQ6 (kW)	EnphIQ6-MPPT (kW)	G1500	Dis2.8	Grid (kW)	Conext.XW+5548 (kW)	Dispatch	NPC (\$)	COE (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)	Capital Cost (\$)	Production (kWh/yr)	Capital Cost (\$)	Production (kWh/yr)	
0.275	0.275	1		999,999	15.0	CC	-\$41,971	-\$0.0323	-\$3,947	\$8,485	98.9	0	185	407	1,800	4,302,953	
0.275	0.275	1	1	999,999	15.0	CC	-\$36,199	-\$0.0279	-\$3,683	\$10,885	98.9	0	185	407	1,800	4,302,953	
0.275	0.275			999,999	0.156	CC	\$5,179	\$0.100	\$405.15	\$0.0276	0	0					
0.275	0.275			999,999	0.156	CC	\$5,397	\$0.104	\$402.41	\$252.46	8.53	0	185	407			
		1		999,999	0.208	CC	\$8,384	\$0.151	\$508.01	\$1,890	32.0	0			1,800	4,302,953	
			1	999,999	0.0335	CC	\$10,682	\$0.212	\$670.19	\$2,415	0	0					
0.275	0.275		1	999,999	0.152	CC	\$11,168	\$0.215	\$666.27	\$2,651	8.46	0	185	407			
		2	1	999,999	0.339	CC	\$18,080	\$0.292	\$933.50	\$6,147	46.8	0			3,600	8,605,906	

Figura 119. Resultados obtenidos en el programa HOMER PRO.

Fuente: Los autores

Como se puede apreciar en la figura 119, se tienen varios resultados para una posible instalación, dados estos resultados se seleccionó la segunda opción, ya que el sistema estará conectado a la red y como se dijo será un sistema híbrido (energía solar y energía eólica), todas conectadas a una fuente de almacenamiento.

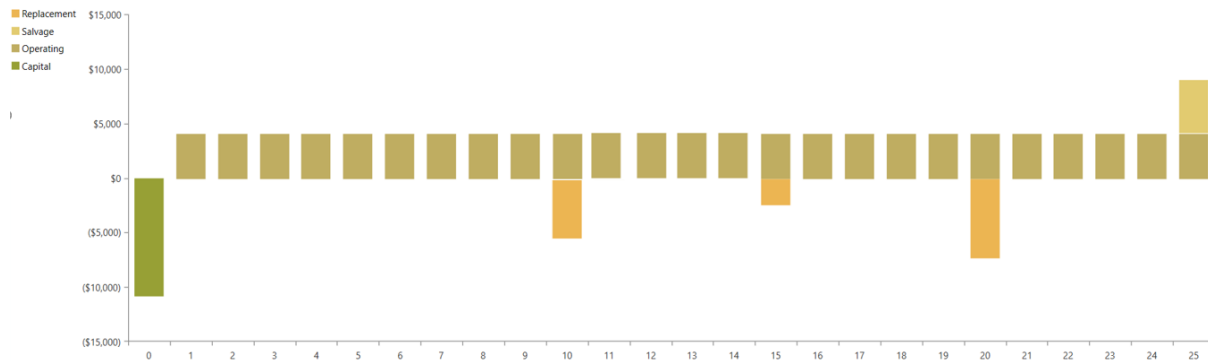


Figura 120. Resultado de flujo de inversión y recuperación.

Fuente: Los autores

Luego de haber simulado el sistema híbrido, se puede observar en la figura 120, los montos de operación del proyecto reflejados en este diagrama de barras, son costos aproximados del valor que realmente pueda ser, esto debido a la realidad del mercado ecuatoriano en temas económicos, en los siguientes capítulos se indicara los montos reales de la inversión de cuenta puede estar saliendo el sistema híbrido.

A continuación, observaremos la simulación de sistema híbrido proyectado. Estos datos serán de suma importancia para poder así comprobar si el proyecto es viable para su futura instalación.

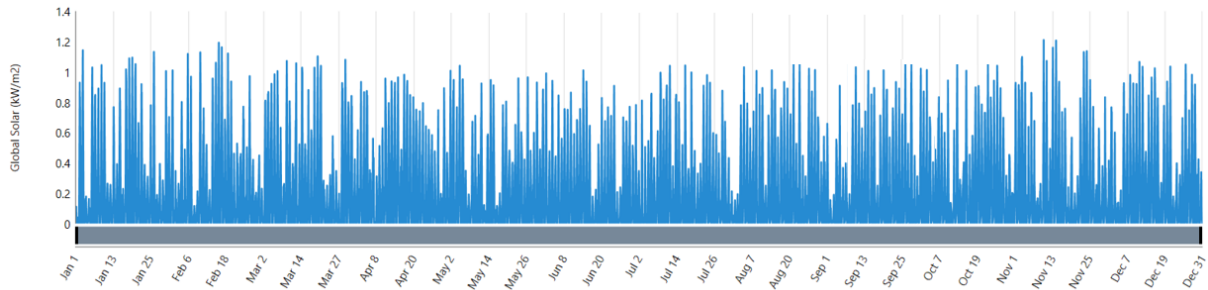


Figura 121. Radiación solar global.
Fuente: Los autores

Como se puede visualizar en la figura 121, el comportamiento de nuestro sistema fotovoltaico es el óptico, teniendo picos casi de 1.2 Kw/m2 si bien el sistema está diseñado para esa potencia en los módulos fotovoltaicos, los datos arrojados están dados quincenalmente.

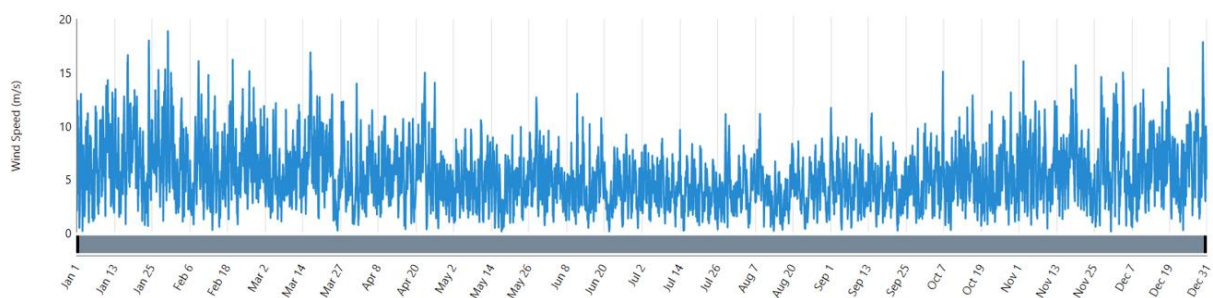


Figura 122. Velocidad del viento en la zona.
Fuente: Los autores

Como se puede observar en la figura 122, la velocidad del viento durante los doce meses de año entregados quincenalmente, el mes de más velocidad del viento es desde fines de diciembre hasta finales del mes de enero estando por encima de los 15 m/s, así mismo se observa que el mes con menos velocidad de viento se da durante los meses de mayo, julio y agosto con una velocidad de 10 m/s, estos datos son aproximados puesto que en realidad estos valores varían.

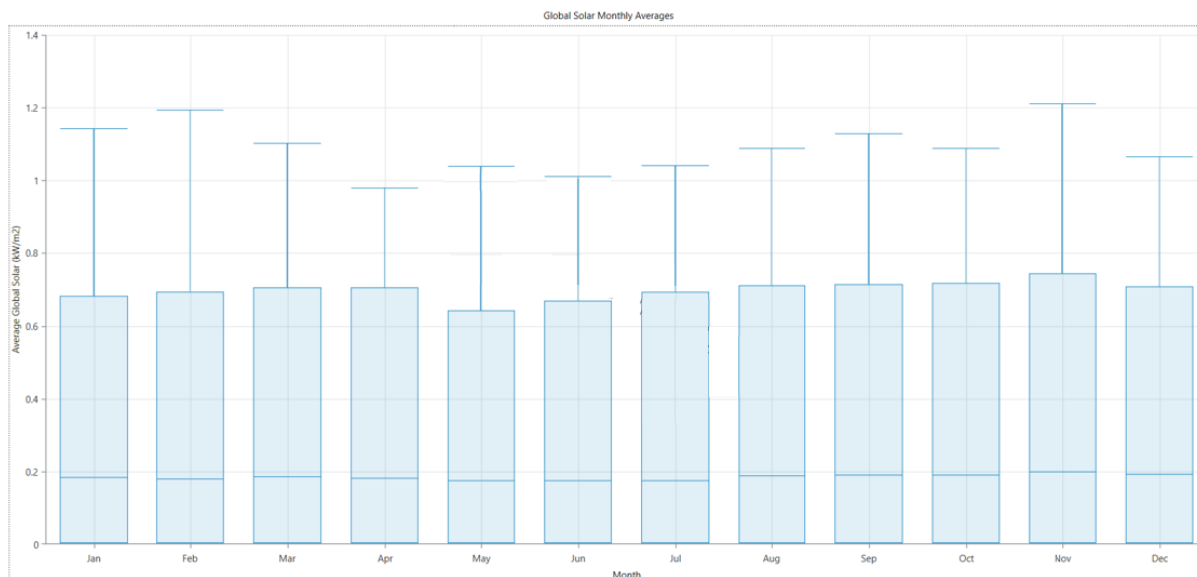


Figura 123. Energía solar promedio mensual.

Fuente: Los autores

En la figura 123, se encuentra el promedio solar global de cada mes de año, en donde nos muestra cuanta energía producirá el sistema de módulos fotovoltaicos, siendo el mes mayo en donde tenemos la menor producción (0.62 KW/m²), estos datos son aproximados, los cuales varían con las mediciones realizadas con el equipo de medición solar en la que se indica cuanta radiación se genera en la zona.

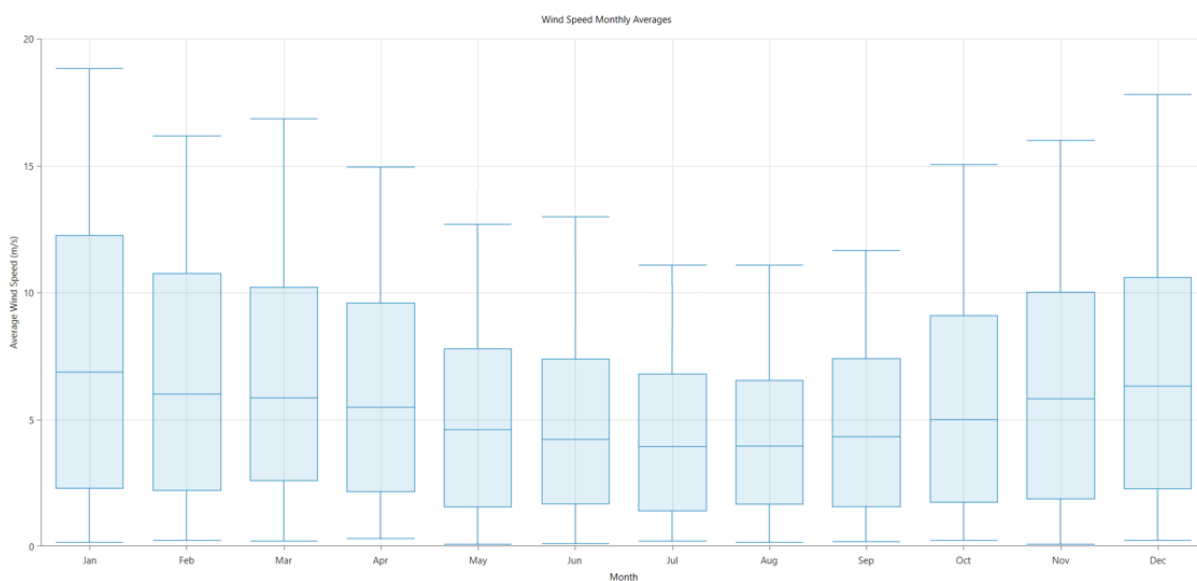


Figura 124. Velocidad del viento mensual.

Fuente: Los autores

Como podemos observar en la figura 124, la velocidad promedio del viento en el transcurso de los meses del año, siendo notorio que en los meses de diciembre, enero y febrero se dispone de una velocidad que supera los 10 m/s, y los meses que no hay una buena velocidad

del viento son en junio, julio y agosto, entregando una velocidad promedio menor a los 10 m/s, sin embargo el aerogenerador arranca con velocidades por encima de los 3 m/s, por lo cual por más baja sea la velocidad del viento en esos meses, el aerogenerador estará generando energía eléctrica limpia.

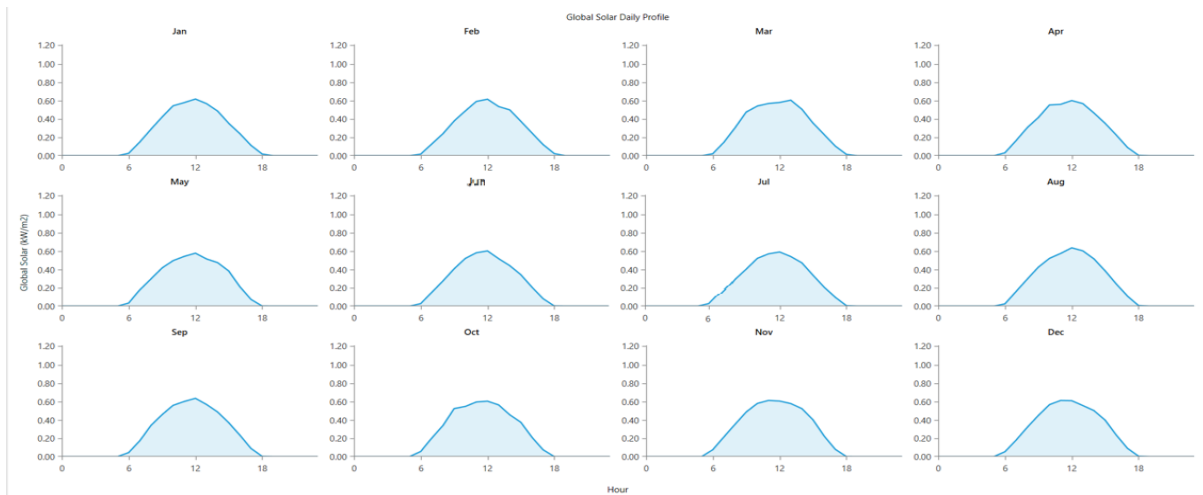


Figura 125. Radiación solar global por día.
Fuente: Los autores

Como podemos ver en la figura 125, tenemos los picos de radiación solar de la zona, en las que nos indica cual es la producción de energía fotovoltaica en el día, arrojándonos picos máximos de 0.60 Kw/m² siendo estos datos aproximados que nos entrega el software. En los capítulos anteriores se indicó con el equipo de medición solar los datos reales que entrega este equipo existiendo diferencias con los datos entregados por el software.

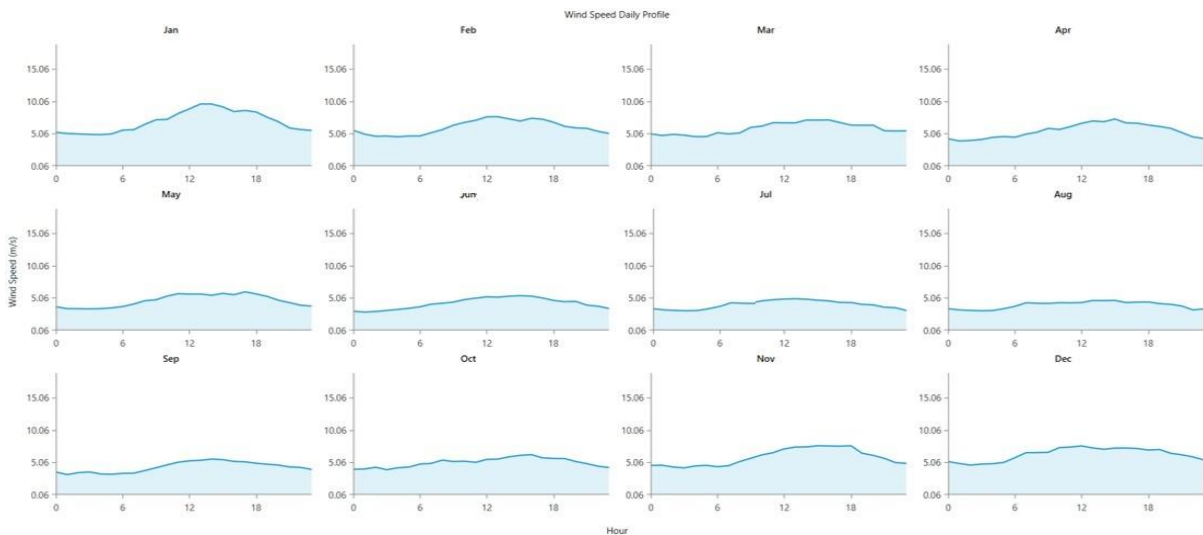


Figura 126. Velocidad del viento por día.
Fuente: Los autores

En la figura 126, podemos observar la velocidad del viento que se genera diariamente según los datos entregados por el software, los días de mayor producción están en los meses de noviembre, diciembre y enero con una velocidad estimada de 10 m/s, de igual forma se apreciar que los días de menos velocidad del viento se dan en los meses de junio, julio y agosto, entregando una velocidad por debajo de los 5 m/s, estos datos entregados son estimados en comparación con la realidad.

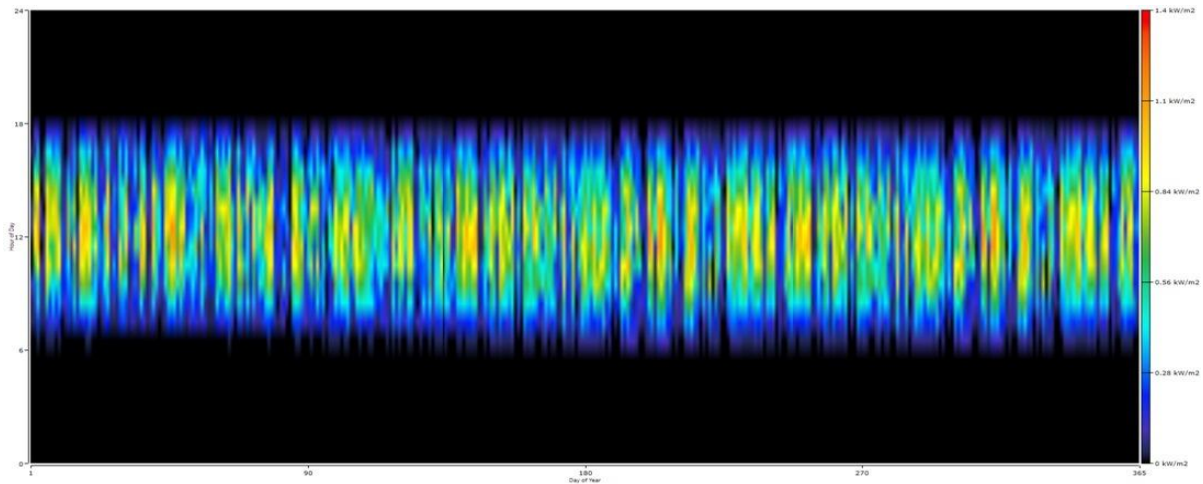


Figura 127. Curva de calor de la generación de energía solar durante un año.
Fuente: Los autores

En la figura 127, se puede observar el mapa de calor de la radiación solar generada durante el año calendario, se puede visualizar que la producción de energía solar se da entre las hora de las 6 de la mañana hasta las 6 de la tarde teniendo un pico de producción a las 12 de la mañana en el que el sol está en su máximo esplendor (0.950 Kw/m²), los datos que nos entrega el software son aproximados en el cual mediante un equipo de medición solar como se explicó anteriormente se realizaron las respectivas mediciones y hay una variación de los mismo.

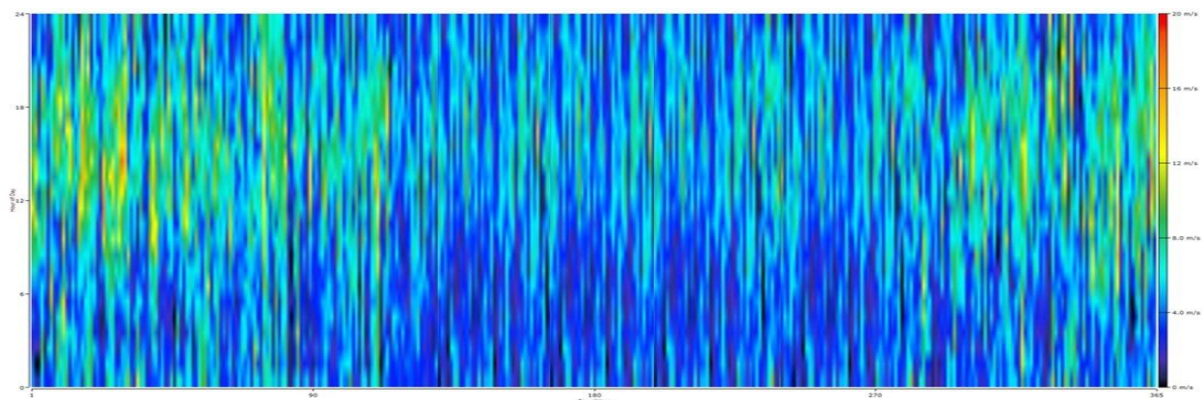


Figura 128. Curva de calor de la generación de viento durante un año.
Fuente: Los autores

Como se puede visualizar en la figura 128, la producción de energía eólica a través del viento según la curva de calor se da en los primeros noventa días del año y en los últimos noventa días para finalizar el año, de igual manera los meses de menos producción de energía eólica se da a mediados del año, que corresponde a los meses de mayo, junio, julio y agosto.

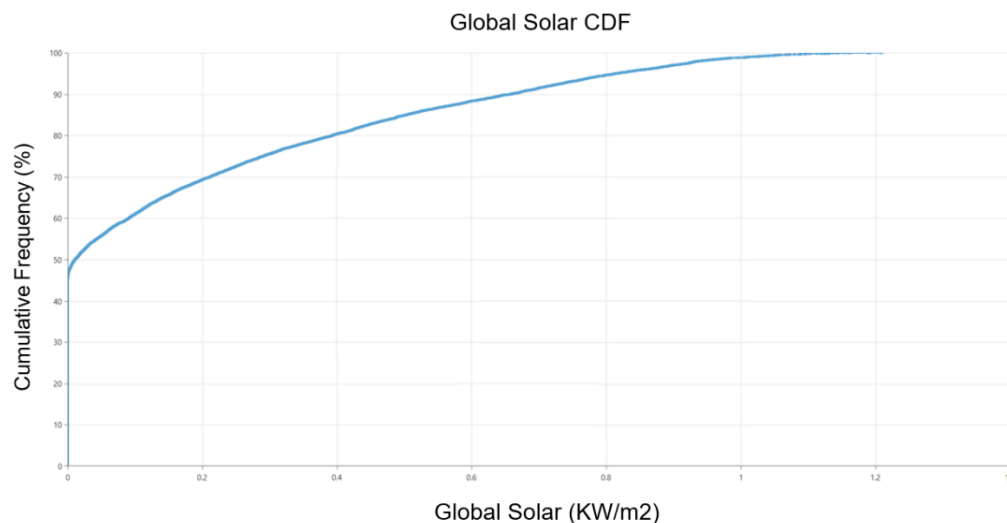


Figura 129. Frecuencia acumulada en la producción de los módulos fotovoltaicos.
Fuente: Los autores

Como podemos observar en la figura 131, tenemos la frecuencia de producción de energía en nuestros módulos fotovoltaicos en la que se indica que la generación límite de energía es de casi 1.2 KWm2, siendo estos datos correctos ya que por el número de baterías que se colocaron es la producción máxima que se llega a tener.

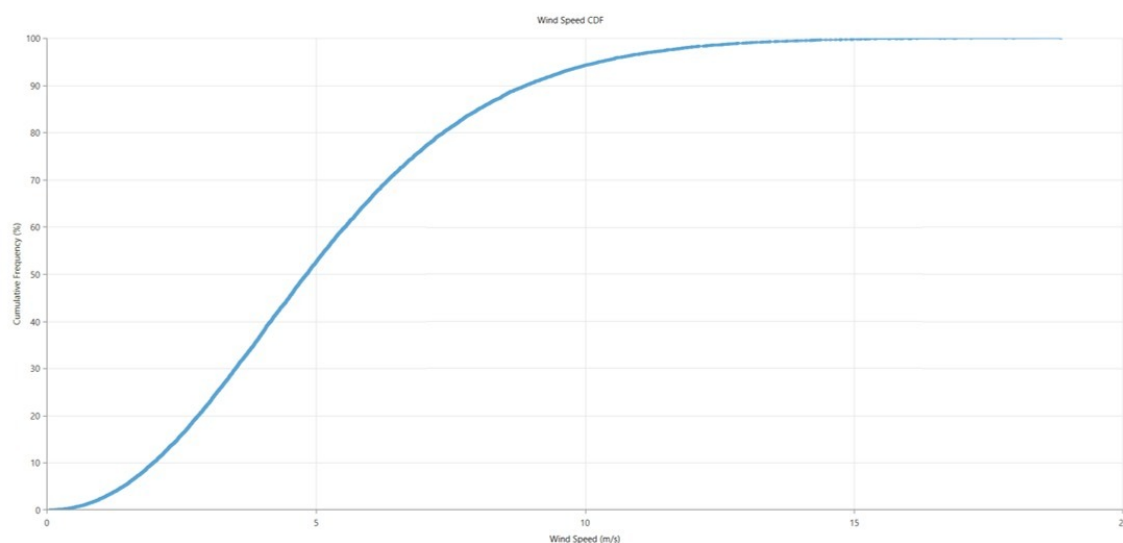


Figura 130. Frecuencia acumulada en la producción del generador eólico.
Fuente: Los autores

Como se observa en la figura 130, la frecuencia acumulada de la generación de energía eólica, alcanza un valor aproximado a los 20 m/s, siendo este dato muy bueno para determinar cuánto se puede llegar a generar con este tipo de sistema en el transcurso día.

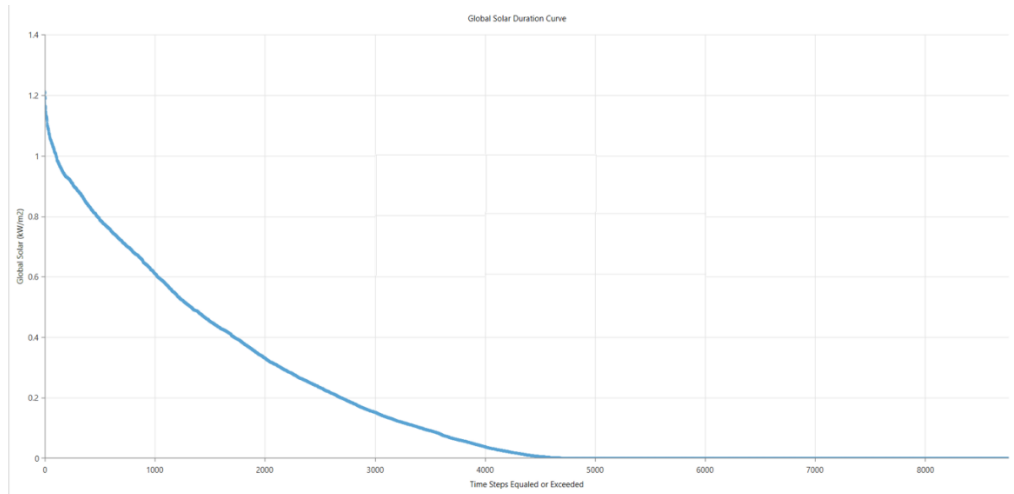


Figura 131. Curva de duración solar global del sistema fotovoltaico.
Fuente: Los autores

En la figura 133, se puede visualizar el tiempo de duración de la curva de radiación solar que está dado en segundos y el pico de producción que está en Kw/m^2 , tenemos el tiempo de duración de la curva de radiación de una hora y media aproximadamente llegando casi a los 1.2 Kw/m^2 de generación, siendo estos datos corroborados por el número de paneles fotovoltaicos calculados para la instalación.

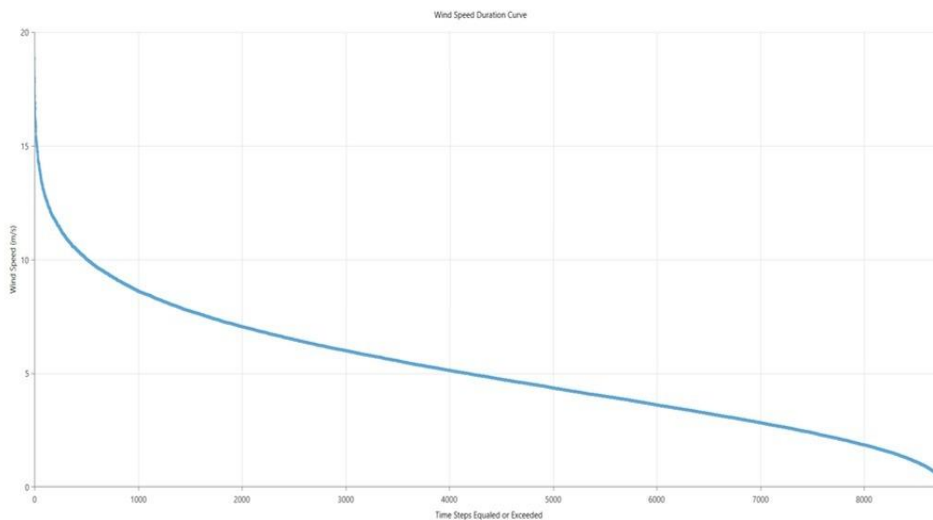


Figura 132. Curva de duración del viento del generador eólico.
Fuente: Los autores

En la figura 132, como se puede visualizar se tiene una curva de duración del viento en un rango de casi de dos horas y media, la cual nos indica que se llega a una producción de velocidad de viento cerca a los 20 m/s.

6.6.5 Ubicación a futuro del Aerogenerador en lugar de la instalación

En base a las consideraciones establecidas anteriormente, se determinó que lugar de la instalación se lo realizara en la dirección Norte-Sur del tejado de la casa sobre una plataforma diseñada y construida con hormigón armado, esta es la zona donde mayor fluido de viento existe según las mediciones realizadas con el anemómetro a una altura de 10 metros sobre el nivel del suelo, se obtuvieron velocidades del viento entre 3 y 5 m/s que dan entre 10 a 15 Km/h, pero estos valores pueden variar, cuando el aerogenerador quede instalado con su base a una altura de unos ocho metros sobre el nivel de la base, se estima que la velocidad aumente entre unos 8 a 11 m/s que es una buena velocidad para que el aerogenerador alcance su capacidad máxima de generación. (Herrera V. (2011))



Figura 133. Diseño de un sistema híbrido que se proyecta instalar a futuro
Fuente: Los Autores

6.6.5.1 Circuito eléctrico del sistema híbrido que se proyecta instalar a futuro

En la figura 133, se puede observar cómo están conectados los paneles fotovoltaicos, aerogenerador, equipos de control y regulación, baterías, medidor bidireccional, conectores y cables del sistema híbrido eólico-solar, la instalación comienza con la ubicación de los paneles solares y el aerogenerador en el tejado de la vivienda, para seguir su trayecto con cables y conectores Mc4 hembras y machos hasta la el regulador de carga híbrido, y de este llegar al banco de baterías y el inversor híbrido, el cual entrega energía en corriente alterna al circuito de la vivienda. (Chávez J & Velecela, 2021).

El sistema regulador híbrido permite, la entrada y salida de voltaje a la red de servicio publica, mediante un medidor bidireccional, además de esto el equipo tiene una entrada de red LAN, que ayuda a monitorear mediante una aplicación y un Smartphone, la producción y demanda de energía durante las 24 horas y establecer planes de ahorro y eficiencia energética cuando la demanda sobrepase los valores establecidos por el consumidor.

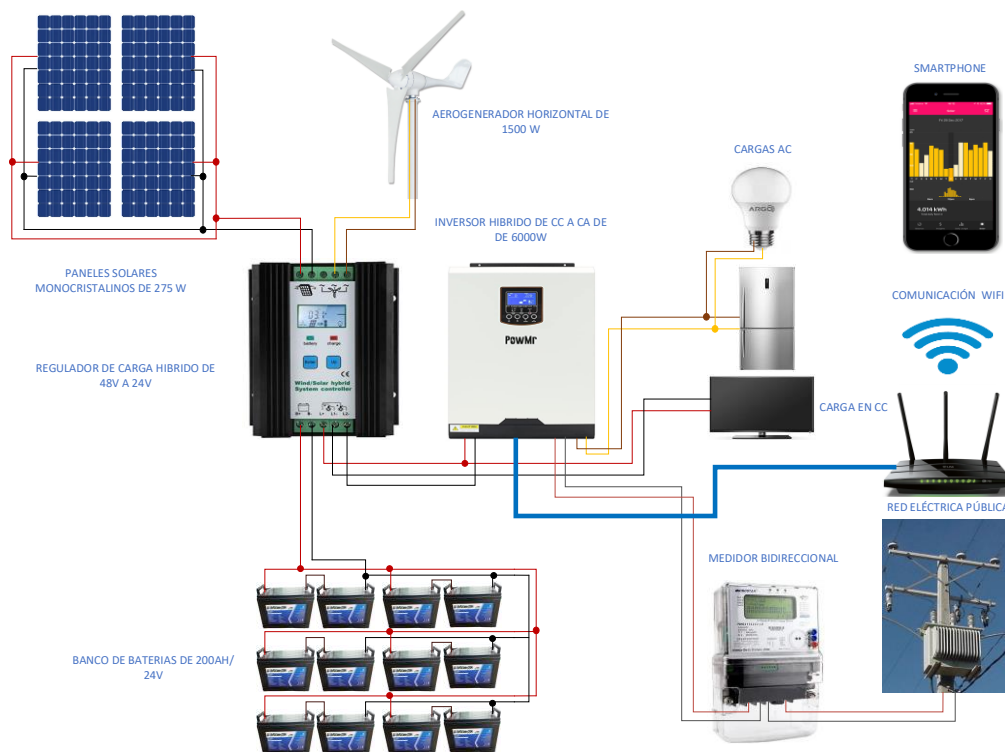


Figura 134. Diseño de un sistema híbrido solar-eólico que se pretende implementar a futuro en la residencia.

Fuente: Los autores

6.6.5.2 Diagrama de flujo del funcionamiento de un sistema híbrido con energía solar y energía eólica

En la siguiente figura se puede observar un resumen de los distintos pasos que el sistema híbrido tiene para su funcionamiento correcto, en primera instancia partimos desde el inicio con la instalación de los paneles solares y el aerogenerador, para después determinar si existe la generación suficiente de energía de los dos sistemas, seguido de esta información, alimentar a las cargas eléctricas de la casa, continuando con el proceso el sistema automático del equipo determina si existe o no un excedente de energía, si el caso es cierto el sistema entrega energía al sistema de almacenamiento de las baterías para su carga.

Seguido a esto el sistema comprueba que las baterías estén cargadas, para su desconexión, y seguir con el proceso de alimentación a las cargas de la casa, nuevamente el sistema compara si existe un excedente de energía, si es afirmativo el sistema entrega este excedente a la red pública de suministro, continuando con este diagrama el sistema comprueba si hay suficiente generación de energía eólica y solar, si la respuesta es negativa las cargas son alimentadas con las baterías.

En otro proceso el sistema determina si existe todavía carga en las baterías, si la respuesta es positiva se sigue alimentando las cargas, pero si la respuesta es negativa, la alimentación del sistema eléctrico se hace con la red pública del suministro de energía eléctrica, seguido a este proceso el sistema vuelve a determinar si existe generación del sistema híbrido, si el caso es negativo las cargas continúan alimentadas con la red pública, si la respuesta es afirmativa el proceso regresa al inicio para continuar todos los pasos mencionados anteriormente. (Babaei M & Albazari A & Mahdi M & Ghafouri M & Muyeen S.M & Beheshti T.H, 2020)

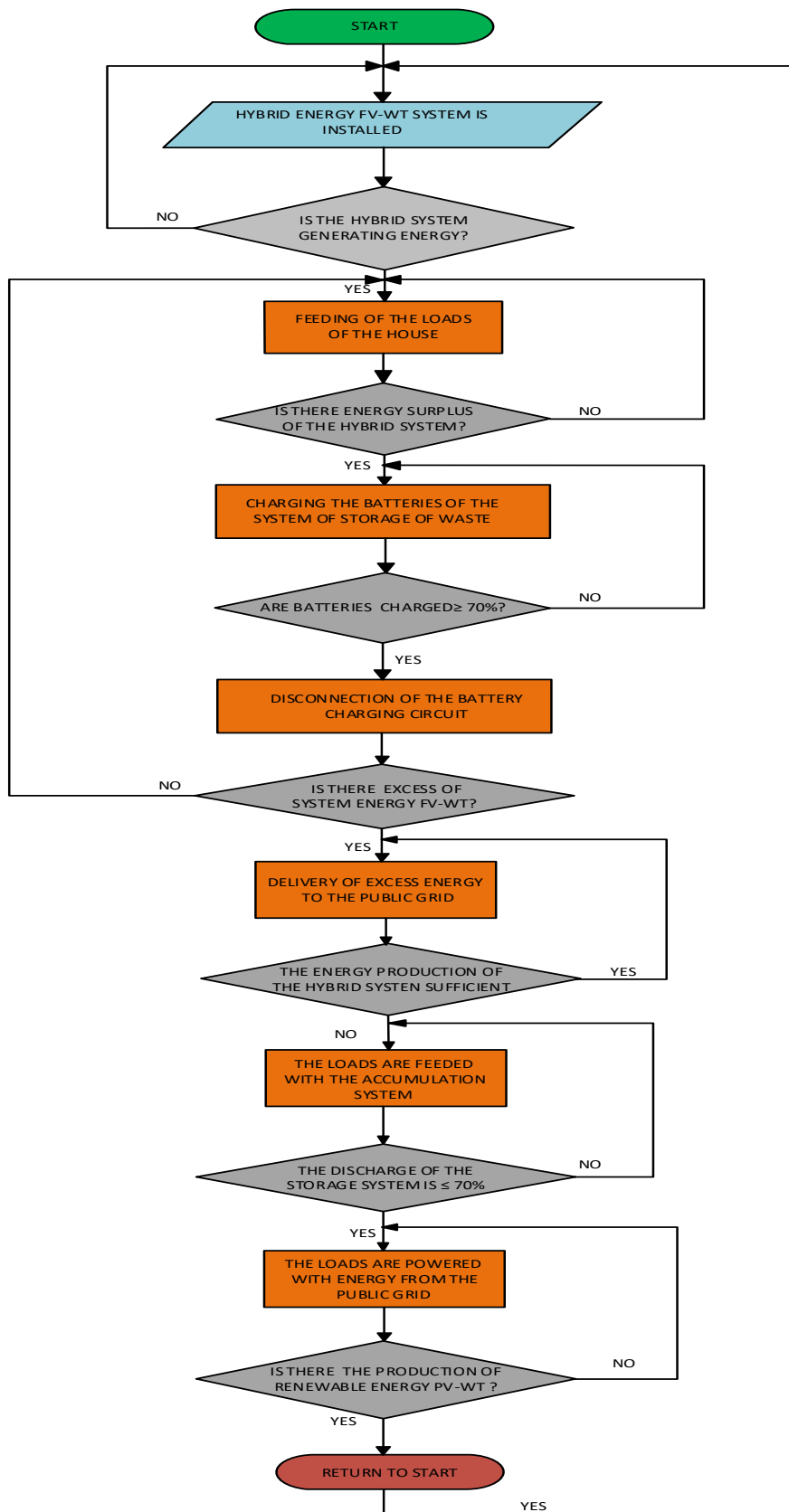


Figura 135. Diagrama de flujo del funcionamiento de un sistema híbrido FV-WT

Fuente: Los autores

6.6.6 Resultados aproximados de la simulación en Matlab del sistema híbrido con el sistema Smart Home

Una vez realizado la implementación de los paneles fotovoltaicos en el sector de San Cristóbal cantón Paute, se realizó varias simulaciones del nuevo sistema híbrido, que se pretende instalar a futuro en la vivienda, donde se puede apreciar algunas graficas que indican la generación de energía de los paneles fotovoltaicos y del aerogenerador, así como también el consumo de energía de las cargas instaladas, donde se observa que la energía producida por el sistema híbrido abastece en un gran porcentaje el consumo eléctrico de las cargas. Continuando con la simulación se puede observar las curvas del consumo eléctrico de una casa inteligente y una casa tradicional.

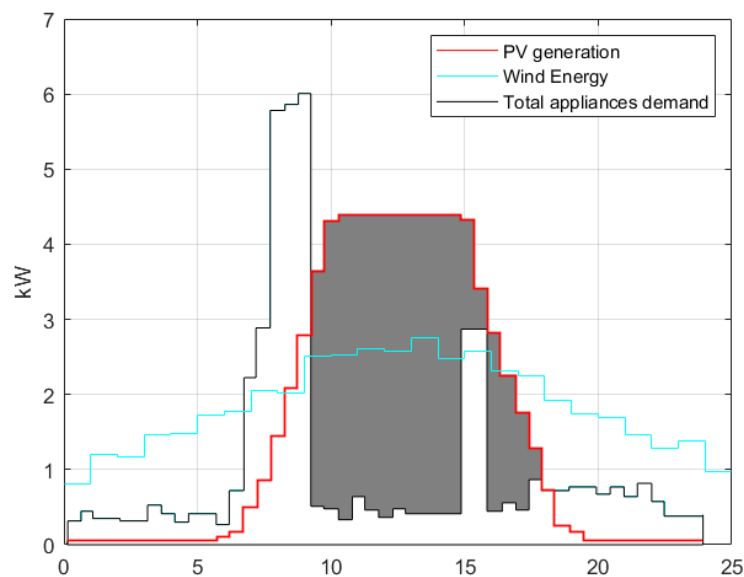


Figura 136. Simulación de la producción de energía del sistema híbrido y la demanda total de los electrodomésticos. (anexo 8)

Fuente: Los autores

En la siguiente simulación de la figura 136 se puede apreciar la producción de energía mediante los paneles solares y el aerogenerador, la demanda total de los electrodomésticos que están conectados en la red, la línea de color gris es el consumo de los aparatos eléctricos, mientras que la línea de color rojo es la producción de energía de los paneles fotovoltaicos, la línea de color violeta representa la producción de energía eólica, para el gasto eléctrico, como se puede observar existe un tiempo prolongado desde las 10 de la mañana hasta las 17 horas, que el sistema PV y WT, cubren las necesidades del consumo eléctrico de la

residencia, para después cubrir en una demanda menor el aerogenerador, que casi nunca cae a cero la producción de energía.

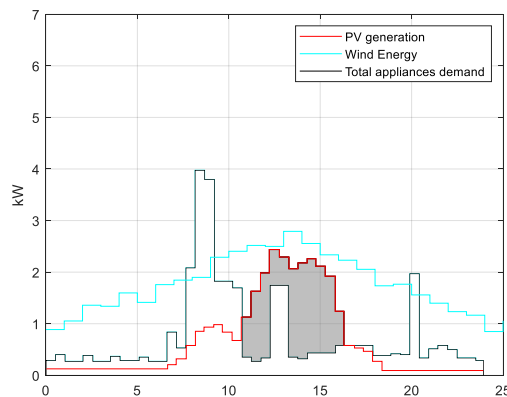


Figura 137. Simulación de la entrega de energía del sistema híbrido a las cargas de la residencia. (anexo 8)

Fuente: Los autores

En la siguiente simulación de la figura 137 se puede observar que el sistema de generación PV Y EV abastece en un porcentaje considerable el consumo de la residencia, dependiendo muy poco del suministro de la red pública, esto reduce los costos del consumo de energía eléctrica, en la primeras horas de la mañana el consumo de las cargas depende de la red pública y del sistema WT en una menor cantidad, mientras que en la media mañana y tarde el consumo de las cargas depende de la instalación fotovoltaica y el aerogenerador, en la noche se puede observar que las cargas de mayor corriente depende de la red pública y el sistema de generación eólica, que en mayor o menor porcentaje sigue aportando de a las cargas del sistema.

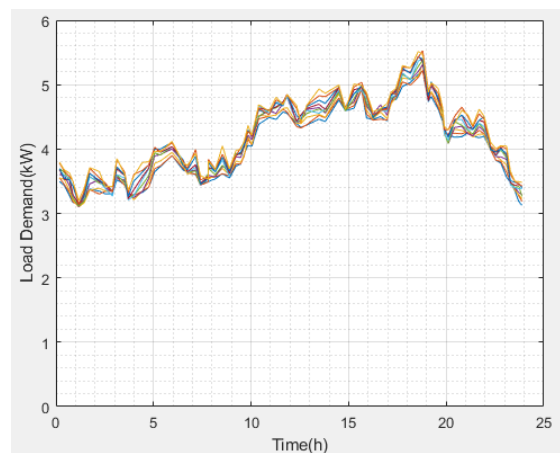


Figura 138. Simulación del consumo eléctrico de una casa tradicional en un periodo de 24 horas.

Fuente: Simulado en Matlab (Los autores).

En siguiente figura 138, se muestra la demanda de energía eléctrica en KW de una casa tradicional donde podemos observar el consumo eléctrico por encima de los 3 kilovatio es aproximadamente unas cinco horas, para después incrementar su consumo a unos 4.5 kilovatios por un tiempo de unas 8 horas aproximadamente, seguido a esto el consumo máximo va desde las 18 horas hasta las 20 horas, para después ir disminuyendo poco a poco, hasta los 2.5 kilovatios, como se muestra en la figura, como sabemos una casa tradicional no es capaz de tomar alguna decisión en el ahorro de consumo de energía.

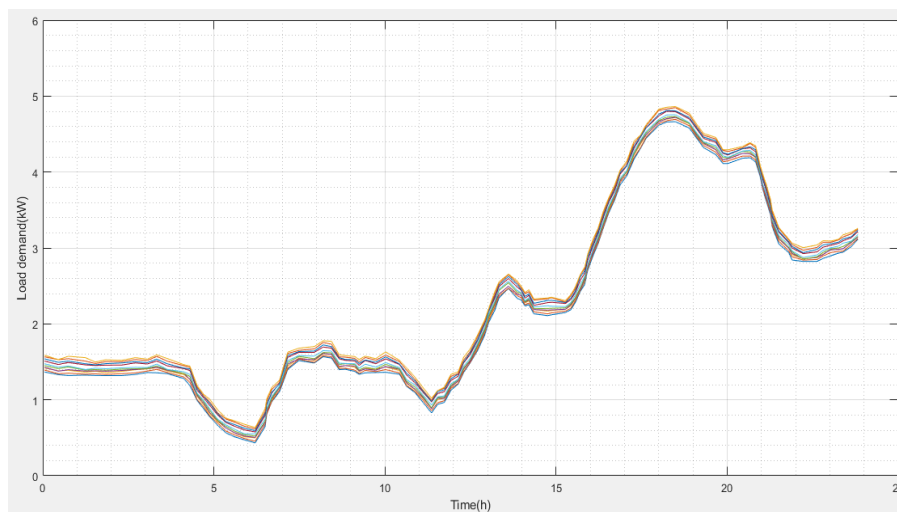


Figura 139. Simulación del consumo eléctrico de una casa Inteligente en un periodo de 24 horas.

Fuente: Fuente: Los autores

En la figura 139, se muestra la demanda de energía eléctrica en KW de un casa inteligente donde podemos observar el consumo eléctrico por encima de 1.5 kilovatio es aproximadamente unas cinco horas, para después decrece un consumo en unos 0.5 kilovatios por un tiempo de 2 horas, su consumo empieza de nuevo hasta las 12 horas, seguido a esto el consumo máximo de unos 5 KW, desde las 18 horas hasta las 20 horas, para después ir disminuyendo poco a poco, como sabemos una casa inteligente tiempo sistemas de iluminación y fuerza autónomos, capaces de tomar decisiones para el ahorro del consumo energético.

6.7 Esquema en Homer Pro del sistema híbrido con energía solar y energía eólica para la producción y almacenamiento de energía

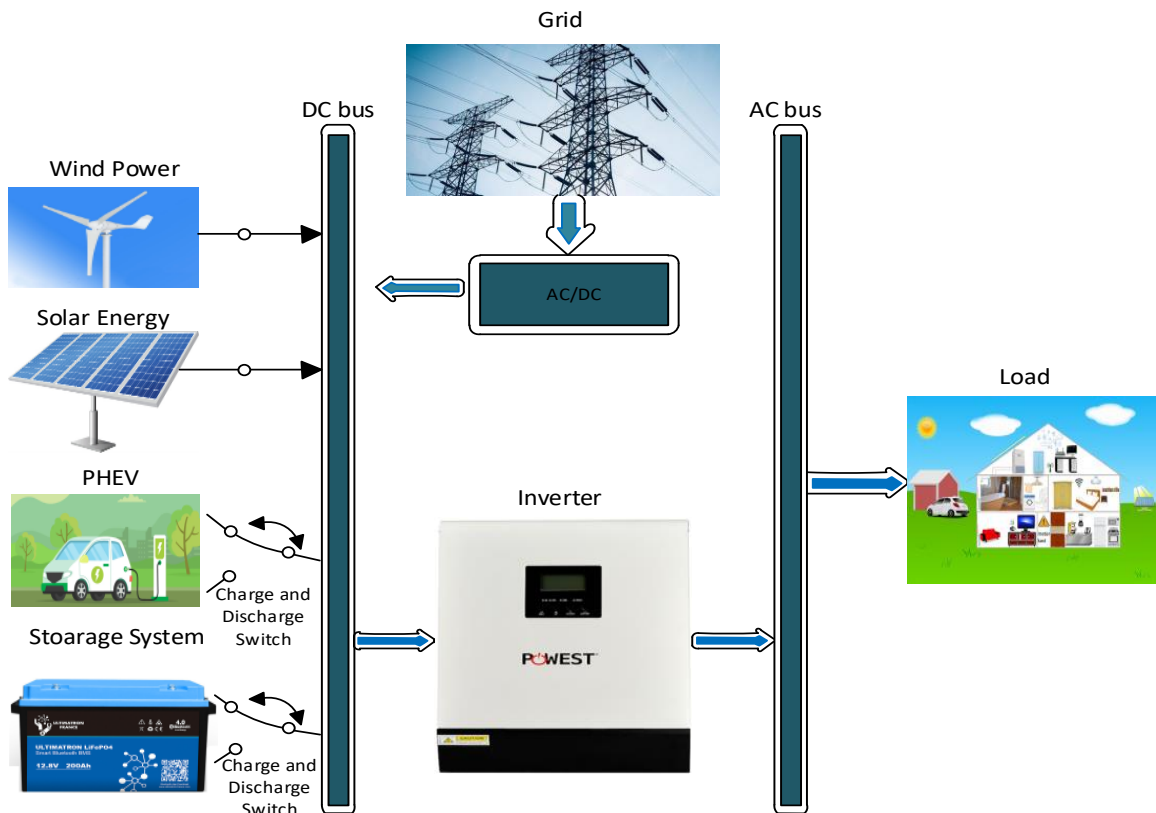


Figura 140. Diseño en Homer de un sistema híbrido FV-WT para la producción y entrega de energía.

Fuente: Los autores

6.8 Propuesta económica para la instalación a futuro de un sistema híbrido en la residencia

Tabla 25: Costo aproximado de la inversión para la instalación sistema híbrido en la residencia.

Equipos	Cantidad	Precio unitario USD	Precio total
Paneles solares	4	150	600
Aerogenerador	1	1500	1500
Banco de Baterías	1	2200	2200

Controlador de carga híbrido	1	2500	2500
Inversor de corriente	1	1850	1850
Medidor bidireccional	1	150	150
Equipos de protección	-	100	100
Cables y conectores	-	120	120
Armario eléctrico	1	80	80
Ductos para conductores	-	50	50
Estructura para los paneles y aerogenerador	2	150	150
Mano de obra	-	1500	1500
		Total	\$ 10800

Fuente: Los autores

6.8.1 Beneficio económico del proyecto híbrido planteado instalarse a futuro

En el análisis del consumo eléctrico total de la vivienda se determinó que es de aproximadamente 1645.11 KW/h/mes, que representa un gasto en dólares de la venta de la energía de \$ 151.35, a esto se le tiene que sumar los valores por recargas de impuestos de contribución pública, llegando a pagar el cliente un valor aproximado de \$ 192 dólares.

A continuación, se presenta un desarrollo de fórmulas para determinar el costo beneficio del proyecto instalado.

$$PV, WE_{producida} = PV, WE_{Total} * \text{Horas de uso} \quad (55)$$

$$PV, WE_{producida} = 2.6 \text{ Kw} * 8 = 20.8 \text{ Kwh} \quad (56)$$

$$PV, WE_{Generado} = PV, WE_{producido} * 30 \text{ dias del mes} \quad (57)$$

$$PV_{Generado} = 20.8 * 30 = 624 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} \quad (58)$$

$$PV, WE_{total} = PV, WE_{generado} * \text{costo de energia electrica} \quad (59)$$

$$PV, WE_{total} = 624 \frac{\text{Kwh}}{\text{mes}} * \$ 0.092 = \$ 57.40 \quad (60)$$

$$\text{Ahorro}_{total} = \text{Consumo de vivienda} - PV, WE_{total} \quad (61)$$

$$\text{Ahorro}_{total} = \$ 151.35 - \$ 57.40 = \$ 93.94 \quad (62)$$

$$\text{Ahorro}_{total \text{ anual}} = \text{costo energia producida} * 12 \text{ meses} \quad (63)$$

$$\text{Ahorro}_{total \text{ anual}} = 57.40 * 12 = \$ 688.89 \quad (64)$$

$$\text{Impuesto anual}_{\text{energía producida PV,WE}} = \text{Subsidio cruzado solidario} + \text{alumbrado público} * 12 \text{ meses} \quad (65)$$

$$\text{Impuesto anual}_{\text{energía producida PV,WE}} = \$6.30 + \$7.96 * 12 \text{ meses} = \$171.12 \quad (66)$$

$$\text{Beneficio de energía}_{\text{total en 25 años PV,WE}} = \text{Ahorro}_{\text{total anual}} +$$

$$\text{Impuesto anual}_{\text{energía producida PV,WE}} * 25 \text{ años} \quad (67)$$

$$\text{Ahorro de energía}_{\text{total en 25 años PV,WE}} = \$ 688.89 + \$171.12 * 25 \text{ años} = \$ 21500.25 \quad (68)$$

$$\text{Beneficio económico}_{\text{total}} = \text{Ahorro de energía}_{\text{total en 25 años PV,WE}} - \text{Inversión del proyecto} \quad (69)$$

$$\text{Beneficio económico}_{\text{total}} = 21500.25 - \$ 10800 = \$10700.25 \quad (70)$$

6.9 Diseño de un prototipo de Smart Home Automatizado para el control del sistema de iluminación de la residencia

Como se indicó anteriormente se pretende que la residencia tenga a futuro sistemas de control inteligentes de los sistemas de iluminación y fuerza, y que estas puedan ser controladas desde cualquier lugar del planeta, mediante un dispositivo móvil, (Tablet, Smartphone, Computadora), que nos ayudarían a un mejor confort y disminuir el gasto energético de la vivienda. (Yagüe S & Monzón V & Monzo C, 2020).

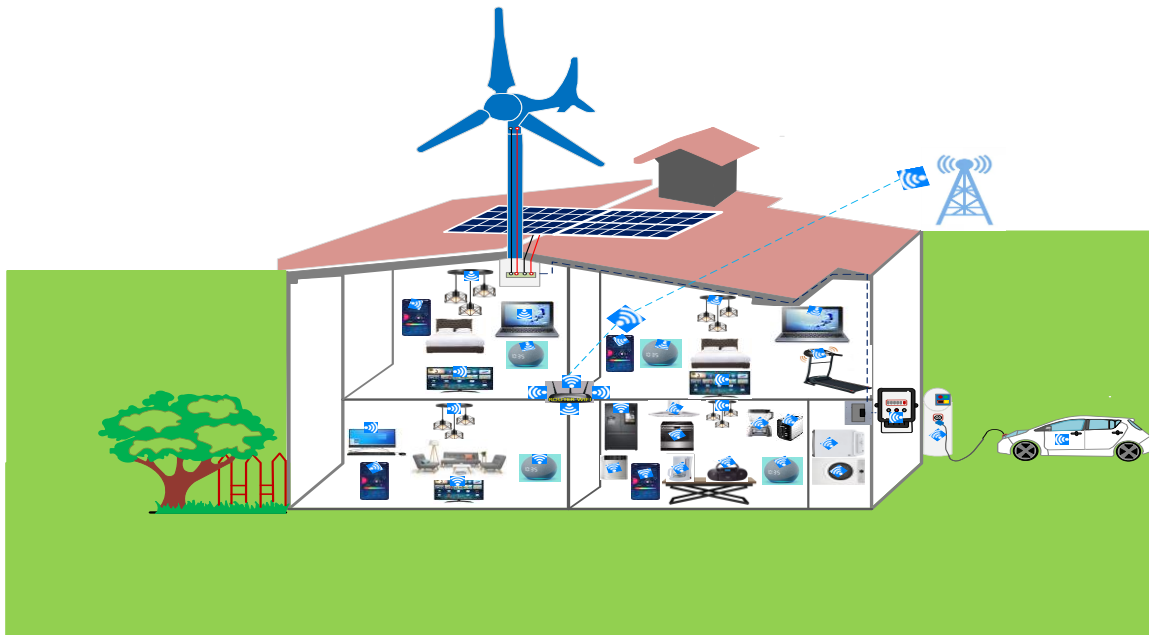


Figura 141. Diseño de un Smart Home que se pretende implementar a futuro en la residencia
Fuente: Los autores

En la imagen se puede apreciar el control automático de los equipos eléctricos y electrónicos de la residencia, así como los sistemas de iluminación, en esta nueva era de la tecnología la mayoría de equipos, ya son fabricados con sistemas inteligentes, que se pueden enlazar con cualquier red de internet y ser controlador mediante dispositivos móviles o asistentes de voz. Una Smart Home aparte de brindarnos confort y seguridad, nos ayuda al control y monitoreo de la cantidad de energía que está consumiendo la residencia en todo momento, y que el usuario pueda tomar acciones para el ahorro energético. (Yagüe S & Monzón V & Monzo C, 2020)

6.10 Utilización de una APP para el control del sistema desde un Smartphone

El desarrollo de app para el control inteligente de casas, se han vuelto muy común en nuestras vidas, ya que cada día existe más dispositivos y equipos que se encuentran enlazados con una red de internet, esto ha hecho posible el control del sistema eléctrico y electrónico de una residencia mediante dispositivos móviles, cada día hay más desarrolladores de APP para estas tareas del hogar, oficina o empresa. (Villaverde M, 2017)

El control desde cualquier parte del mundo ha permitido un mayor confort y seguridad a los usuarios, haciendo la vida más sencilla, basta con presionar un botón o hablarle a un asistente de voz para activar o desactivar cualquier dispositivo electrónico o eléctrico dentro de nuestro hogar, oficina, empresa o cualquier ambiente de trabajo.

El IoT en la época actual pretende estar presente en todas las actividades de nuestra vida, la incorporación de sistemas inteligentes en los sistemas de iluminación, fuerza y electrodomésticos, hace posible que todos ellos estén ligados a los teléfonos móviles y aplicaciones, lo que permite que su control y personalización sea mucho más eficiente y segura. (Castrillón S, 2019). (anexo 16)

6.10.1 Principales Aplicaciones Móviles para el control de una Smart Home

6.10.1.1 Amazon Alexa

Esta aplicación nos brinda la oportunidad de poder tener las casas totalmente conectadas con la internet y los dispositivos móviles, este asistente de voz responde a los dispositivos que sean compatibles con Amazon, como pueden ser sistemas de iluminación, tomacorrientes, termostatos, alarmas, cerraduras eléctricas etc.

Amazon Alexa es compatible con algunas marcas reconocidas a nivel mundial, tales como Roomba, Philips, NEXXT, Sengled, LEDEX entre otras, que tienen su relevancia en el mercado actual. Los dispositivos que responden a las peticiones de voz, para encender o

apagar cualquier aparato eléctrico, cambiar música, controlar la temperatura del hogar, hacer llamadas; hacen posible que las tareas del hogar sean mucho más cómodas y sencillas. (TECNICOO,2021)



Figura 142. Versiones de una asistente de voz de Amazon Alexa
Fuente: (Eloutput-domotica, 2021). (anexo 16)

6.10.1.2 Samsung SmartThings

Esta app para una Smart Home, nos brinda la posibilidad de conectar diferentes dispositivos al mismo tiempo. Con el apoyo de IoT, las aplicaciones para el hogar de Samsung inspeccionan, vigilan y administran dispositivos como televisores, aires acondicionados, refrigeradores, lavavajillas entre otros dispositivos. La aplicación SmartThings admite que el usuario agregue y controle dispositivos inteligentes desde cualquier parte del planeta, con solo presionar un botón, es una aplicación muy útil y completa. (TECNICOO,2021)



Figura 143. Aplicación móvil de Samsung SmartThings
Fuente: (Eloutput-domotica, 2021).

6.10.1.3 Asistente de Google

Al igual que las otras aplicaciones mencionadas anteriormente, Google Assistant permite a las personas conectar varios sistemas de la aplicación. También se puede utilizar para tareas básicas del hogar, como pueden ser: encender o apagar dispositivos eléctricos o electrónicos, realizar llamadas, enviar mensajes de texto, escuchar música, informar de la temperatura, las noticias diarias con solo tocar la pantalla o mediante la voz el dispositivo responda a la tarea ordenada. (TECNICOO,2021)



Figura 144. Aplicación móvil de Google Asistente
Fuente: (Samsumg-Smarthings, 2021)

6.10.1.4 Aplicación Apple House

Esta aplicación está desarrollada exclusivamente para productos de la marca Apple. Si se cuenta con un iPhone se podrá controlar todos los productos compatibles con la app integrada en el dispositivo móvil. Labores como activar o desactivar aparatos del hogar, verificar a la persona que está en la puerta, ajustar la temperatura de un determinado ambiente, controlar el volumen de la música, son solo algunas tareas que solo basta con hacer un clic. (TECNICOO,2021)

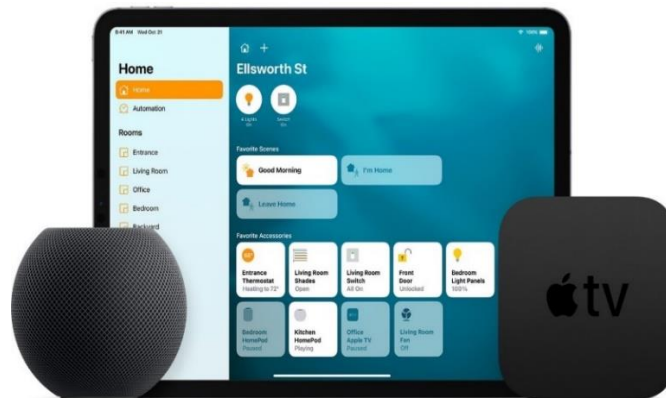


Figura 145. Aplicación móvil de HomePod
Fuente: (Technopat, 2022)

6.10.1.5 Aplicación LIFX

Esta es una de las aplicaciones más famosas para automatizar el hogar, está disponible para sistemas iOS y Android, esta app se centra exclusivamente en control de los sistemas de iluminación; entre sus funciones está el control de toda la iluminación de la casa, programación de escenarios, control de horarios para el encendido y apagando de las lámparas, lo mejor está en que se puede diseñar espacios lumínicos para el hogar de acuerdo a la ocasión. (TECNICOO,2021)



Figura 146. Aplicación móvil de LIFX para iOS o Android
Fuente: (Channelnews, 2022)

6.10.1.6 Philips Hue

Esta es una aplicación que está enfocada directamente al control de los sistemas de iluminación, permite el control del grado de intensidad luminosa, crear ambientes de luz de acuerdo a la ocasión, además esta app permite al usuario la capacidad de despertarse, relajarse y ayudarlo a dormir de forma natural, quizás la característica más importante de esta aplicación es la capacidad de jugar con los colores o sincronizar luces inteligentes con canciones o películas favoritas. (TECNICOO,2021)



Figura 147. Aplicación móvil Hue Philips para sistemas de iluminación
Fuente: (Channelnews, 2022)

6.10.1.7 Smart Life - Tuya Smart

Las dos aplicaciones funcionan de la misma manera para la gestión y control de dispositivos que están instalados en la casa desde cualquier lugar del mundo. Con esta aplicación al igual que el resto de las mencionadas anteriormente se puede controlar la temperatura del día y de la noche de un determinado ambiente, el control de los electrodomésticos del hogar u oficina, la seguridad del hogar mediante alertas en el teléfono, la información en tiempo real del estado de los dispositivos. (TECNICOO,2021)

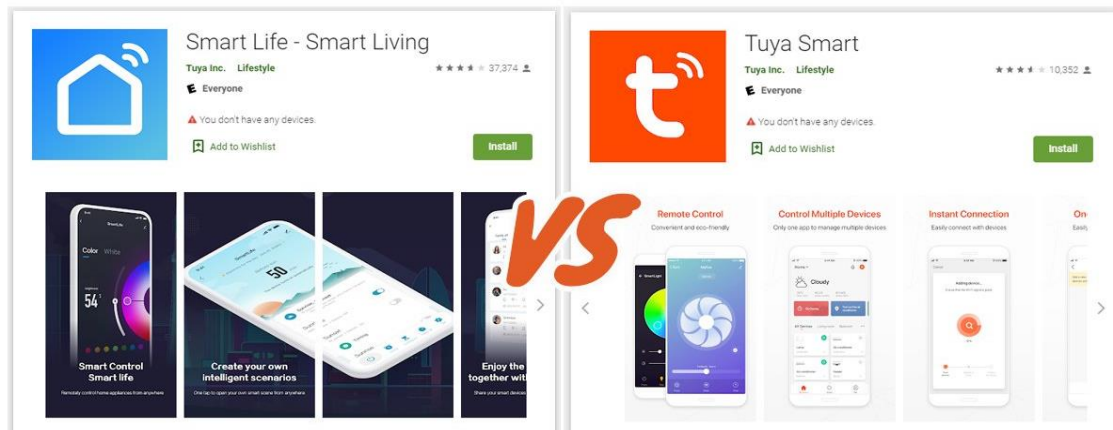


Figura 148. Aplicación móvil de Smart Life y Smart Tuya. (anexo 16)
Fuente: (Channelnews, 2022)

En estas dos aplicaciones nos centraremos para la proyección de un sistema domótico a futuro en la residencia donde está situada nuestro proyecto, ya que son la app que más se utilizan por su fácil configuración y programación al momento de controlar los dispositivos, cabe indicar que las dos aplicaciones cumplen con las mismas funciones, la diferencia esta que Tuya Smart utiliza el logotipo y los elementos de Tuya, mientras que la otra elimina todos los elementos de tuya y el logotipo.

En el diseño a futuro del proyecto trabajado, se pretende automatizar todo el sistema de iluminación y fuerza del hogar, es por esa razón que se realizaron los diseños eléctricos, donde se muestran el control de todo el circuito de iluminación, el control de los principales electrodomésticos del hogar, la seguridad será mediante cámaras, cercos eléctricos, alarmas y video porteros , las aperturas de puertas y ventanas, se lo realizara mediante motores eléctricos, controles de acceso entre otros que se podrán implementar sin ningún problema.

Para el control de todos los dispositivos se lo realizarán con Smartphone y asistentes de voz de Amazon Alexa, quienes serán configurados y programados como administradores y usuarios, con el objetivo de tener un control seguro del hogar. (TECNICOO,2021)

6.11 Aplicación Móvil para el control y monitoreo del sistema fotovoltaico y eólico instalado

En los sistemas que trabajan con energías renovables, es importante controlar todo el tiempo el voltaje, corriente y la potencia que se encuentra generando el sistema en ese momento, ahí el uso de dispositivos electrónicos conectados al internet, para monitorear en tiempo real la operatividad de los equipos instalados; para esto se utilizan aplicaciones móviles que mediante enlaces de comunicación con drives y sensores de adquisición de datos procesan dicha información y muestran al usuario en sus Smartphone. (Castrillón S. 2019)

6.11.1 Aplicación Ginlong Solis

Es una aplicación que fue desarrollada para el monitoreo en tiempo real de las instalaciones fotovoltaicas de una residencia, esta app nos permite saber el rendimiento del sistema y de esta manera optimizar el funcionamiento del sistema. Sin embargo, es necesario mencionar que la gran mayoría de los usuarios desconocen de estas aplicaciones móviles que indican la cantidad de energía que produce el sistema instalado.

La aplicación de Ginlong Solar fue creada para monitorear 24 horas al día, los 365 días al año la operatividad del sistema e informar al cliente la generación y uso de la energía eléctrica en su hogar, para la elaboración de un plan energético más eficiente. (EnergyGO, 2021), (Juan J, 2020).

6.11.2 La aplicación para el monitorear el rendimiento y consumo de la energía solar

La generación de energía del inversor y su flujo en el punto de interconexión se cargará al sistema mediante la data logger del inversor. Dentro del sistema se complementarán los cálculos de consumo de la energía con las cargas instaladas, para que el usuario pueda visualizar en tiempo real. La función nocturna no representa un consumo considerable para el sistema, por lo que conviene tener monitoreado 24 horas al día el sistema. (Juan J, 2020), (Godinho C, 2019).

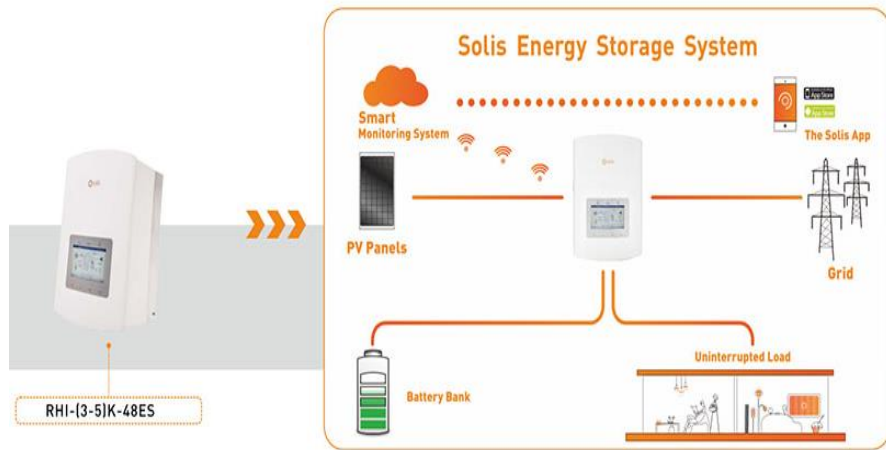


Figura 149. Aplicación móvil Ginlong Solar para el monitoreo de energías fotovoltaica
Fuente: (Ginlong, 2021)

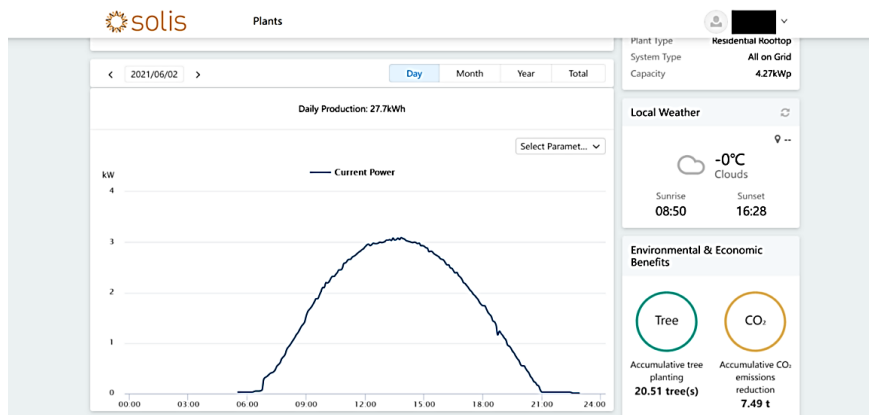


Figura 150. Muestra de datos Ginlong Solar para el monitoreo de energías fotovoltaica
Fuente. (Bartroossien, 2021).

6.11.3 SMA Energy

Esta es una aplicación para el monitoreo y control de un sistema de energía renovable conectado a la red o aislado a la red, en la cual podemos visualizar la producción y el consumo diario de energía, los consumos de corriente residual, valores actuales e históricos, mostrar el estado de carga del sistema de baterías, observar la huella ecológica, costos de energía y métodos de ahorro. Esta aplicación también nos permite un control inteligente del vehículo eléctrico.

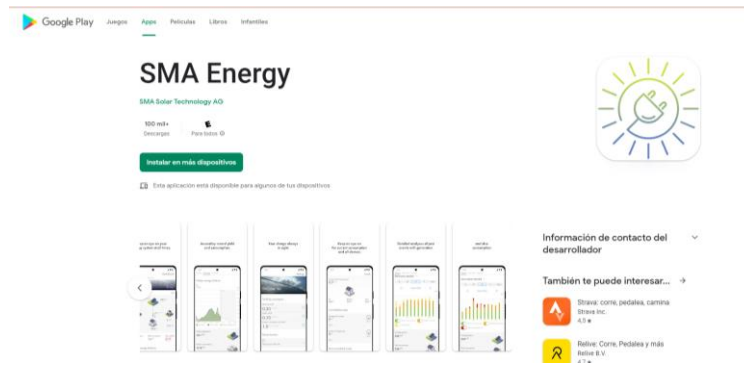


Figura 151. Aplicación móvil (SMA Energy) para sistemas aislados y híbridos
Fuente. (SMA solar-Technology AG)

6.11.4 Qantum Energy

Es un software que de monitoreo y control de la producción de un sistema híbrido, única plataforma basado en la nube, que se puede utilizar en cualquier lugar del planeta, en esta, se puede recibir alertas de bajo rendimiento del sistema, verificar la problemática del sistema, datos de información del estado del tiempo y toma de decisiones para la mejorar el rendimiento del sistema renovable, esta plataforma es compactible con lagunas marcas reconocidas a nivel mundial.



Figura 152. Plataforma (Qantum Energy), para el control y monitoreo de un sistema híbrido
Fuente. (Qosenergy, 2021)



Figura 153. Principales marcas compactibles con la Plataforma Qantum Energy
Fuente. (Qosenergy, 2021).

CONCLUSIONES

Una vez finalizado este proyecto de estudio e implementado en la residencia ubicado en la parroquia San Cristóbal del cantón Paute, perteneciente a la provincia del Azuay, se puede indicar, que el lugar reúne las condiciones climáticas favorables para la generación de energía eléctrica mediante los paneles solares, con la implementación de este proyecto de energía limpia renovable, se logró que el consumo de la energía eléctrica de la empresa pública disminuyera considerablemente, consiguiendo de esta forma reducir la huella de carbono, que hoy en día están afectando al cambio climático del planeta, de igual manera los costos por la venta de la energía eléctrica disminuyeron, esto representa un ahorro económico para el usuario. La energía del sol al ser gratis e inagotable por más de cinco mil millones de años, permite que este proyecto instalado sea sustentable y amigable con el entorno natural del planeta.

Durante las fases del diseño y desarrollo del proyecto fotovoltaico, se consideraron la demanda energética de los equipos eléctricos de la vivienda, en especial atención el consumo eléctrico del sistema de iluminación, se obtuvieron información del algunas fuentes bibliográficas, para saber la irradiancia del lugar, temperatura, humedad, dirección de salida y puesta del sol, para la corroboración de esta información se realizó una simulación en el software HOMER, que nos brindó información confiable de la zona donde se implementó el proyecto, esta información obtenida del programa fueron graficas de la irradiancia horizontal, vertical y global del lugar, además de esto nos entregó algunas alternativas de los equipos a utilizarse en el lugar. Como un dato importante esta los niveles de irradiancia, que se da con un valor bajo en el mes de junio y un valor alto en el mes de noviembre, estas variaciones no son muy significativas para el buen desempeño del sistema.

Los diseños eléctricos de la primera y segunda planta, se realizaron el AutoCAD el cual nos permitió ubicar los elementos de iluminación y fuerza en la residencia, y esta manera tener un plano eléctrico guía para su instalación. La simulación del consumo eléctrico de algunos aparatos del hogar se realizó en el software de Matlab, que nos permitió analizar las diferentes graficas del consumo de los equipos eléctricos de iluminación y fuerza en el transcurso del día, siendo de suma importancia conocer esta información para determinar que aparatos eléctricos son los de mayor y menor consumo y, por consecuente elegir los equipos eléctricos adecuados para el sistema fotovoltaico.

En el presente proyecto se realizó un estudio del diseño de un sistema híbrido (Solar-Eólico) para su implementación a futuro en la residencia, que mediante este sistema se pueda

solventar en su gran mayoría todo el consumo de energía de la vivienda y pueda ser esta autosustentable, eficiente y amigable con el medio ambiente, cabe indicar que el primer y segundo sistema instalado funciona como un sistema ON-GRID, en el segundo caso se permite la venta de la energía cuando exista excedente de energía renovable.

De acuerdo con los objetivos planteados al principio de este proyecto, se realizó un estudio de una Smart-Home, donde se plantea cambios de los sistemas de control y fuerza tradicionales, por sistemas inteligentes, que ayuden al control y monitoreo del consumo y la producción de la energía del hogar y de esta manera se pueda tener un sistema con una alta eficiencia energética y, que a un futuro permita un ahorro energético y económico significativo para el usuario.

Para finalizar con este trabajo creemos importante mencionar, que el costo beneficio del proyecto en el primer caso se puede recuperar su inversión en un tiempo no mayor a los nueve años, tomando en cuenta que la duración de los equipos es larga, se puede decir que desde los 12 años en adelante existe un beneficio económico de \$ 4196.16 para el usuario, que lo podría invertir en nuevos equipos modernos o implementación de un nuevo sistema.

En el segundo caso del sistema híbrido el costo beneficio de la inversión es recuperada aproximadamente a los 12 años, desde los 15 años en adelante se puede hablar de una utilidad económica de aproximadamente \$ 10700.25 para el usuario, que lo podría utilizar en el mantenimiento preventivo-correctivo de los sistemas o en el cambio de nuevos equipos.

RECOMENDACIONES

Una vez terminado este presente trabajo se recomienda, que se realicen más estudios de diseños e implementación de sistemas de generación de energía eléctrica mediante el uso de las energías renovables, que ayuden a la reducción los gases de efecto invernadero, que generan las energías tradicionales, que en un futuro no muy lejano afectaran seriamente la vida nuestro ecosistema.

Analizar los datos meteorológicos de irradiancia y velocidad del viento del lugar mediante documentación actualizada, programas informáticos, que ayuden a la selección y ubicación de los equipos de un sistema solar o eólico en el lugar antes mencionado, en nuestro caso se trabajaron con los softwares de Homer para el análisis de la irradiancia y el valor económico del costo del proyecto, con el programa de Matlab se realizó la simulación del consumo de los diferentes equipos eléctricos dentro de la residencia.

Realizar un correcto dimensionamiento del sistema en base al estudio de carga de la residencia con el propósito de una correcta selección y compra de los equipos por parte de los clientes y a su vez garantizar el funcionamiento continuo del sistema a lo largo de su vida útil con mínimos gastos de mantenimientos preventivo - correctivo.

Realizar una correcta ubicación de los paneles fotovoltaicos considerando la inclinación de cada módulo, que permita a los usuarios el fácil acceso para su limpieza, de igual manera los sistemas de almacenamiento de baterías, reguladores de carga, inversores y elementos de protección tienen que estar en lugares frescos y secos, libres de obstáculos para su limpieza y mantenimiento.

Analizar correctamente la selección del aerogenerador, ya que la generación de energía eléctrica depende de su tamaño, en el estudio y diseño se tiene que considerar la dimensión del espacio disponible y su accesibilidad. En el caso nuestro se tomaron estas consideraciones al inicio del estudio.

Realizar estudios de en nuevas formas de generación de energía eléctrica residencial, como la biomasa a partir de los desechos orgánicos, que diariamente se generan en los hogares de cada familia, considerando, que en una casa de cinco integrantes genera 1.68 toneladas de basura orgánica que se podría ser aprovechada para la producción de alguna forma de energía, como lo aprovecha en otros países.

Analizar por parte de los institutos meteorológicos del Ecuador la posibilidad de incorporar más estaciones meteorológicas de medición de la irradiancia, temperatura y la velocidad del viento, dentro del territorio nacional, y que sean de fácil acceso para los estudiantes para sus temas de investigación en el campo de las energías renovables, actualizar las páginas de información del estado del tiempo.

Trabajar dentro de los ministerios de energías en nuevas regulaciones y ordenanzas para incentivar la implementación de las energías renovables dentro de los sectores residenciales, comerciales e industriales, que pequeña o gran escala son responsables del uso responsable y eficiente de la energía eléctrica y la contaminación ambiental, producto de las energías tradicionales y que el estado garantice su pronta recuperación de la inversión del sistema por parte del usuario.

REFERENCIAS BICLIOGRAFICAS

BIBLIOGRAFIA

CONELEC. (2015). Plan Maestro de Electrificación 2013-2022, Aspectos de sustentabilidad y sustentabilidad social y ambiental. Obtenido de <https://regulacioneolica.gob.ec/>

UPME. (2015) Unidad de Planeación Minero Energética, Integración de las Energías Renovables no Convencionales en Colombia. Obtenido de <https://upme.gov.co/>

CELEP EP. (2021). Corporación Eléctrica del Ecuador, Central Termoeléctrica de Esmeraldas I. Obtenido de <https://celec.gob.ec/>

Cruz, P. (2017). *Caracterización de las Necesidades de servicios básicos y propuesta de solución con el uso de sistemas de energía solar fotovoltaica como una alternativa de gestión sustentable en la zona de san Ignacio perteneciente al cantón San Miguel de Urcuquí provincia de Imbabura, Quito-Ecuador, Universidad Politécnica Nacional.*

CELEP EP. (2019). Corporación Eléctrica del Ecuador, Central Eólica de Villonaco. Obtenido de <https://celec.gob.ec/gensur/index.php/67>

Plan Maestro de Electricidad. (2017), Expansión de la generación, Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR). Obtenido de <https://recursosyenergia.gob.ec/>

Protocolo Kyoto. Analisis.pdf, s. f., lib. Kio, Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Obtenido de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

Aulestia L, Celi M. Quito, febrero de (2017), Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito, Ingeniería Eléctrica, “ Implementación de un sistema de Paneles Solares Fotovoltaicos con capacidad de 20 kW/mes para ser utilizados en instalaciones industriales”.

ARCONEL. (abril 2020). Agencia de Regulación y Control de Electricidad. Proyecto de Regulación: “Marco Normativo Para la Participación de la Generación Distribuida”. Obtenido de <https://regulacioneolica.gob.ec/>

Barragán E. Jaén- España, (noviembre de 2018), Universidad de Jaén, El Autoabastecimiento Energético en los Países en Vías de Desarrollo en el Marco del Metabolismo Urbano: Caso Cuenca, Ecuador.

Grijalva C, Vélez F., (febrero de 2020). Guayaquil Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil-Ecuador, “Estudio e Implementación de un Sistema Fotovoltaico Aplicado a Luminarias: Caso de Estudio Unidad Educativa Dr. Francisco Falquez Ampuero”.

TECNOSOL. (2019). Energía Solar y Sistema de Riego, Características Eléctricas de los Paneles Solares, España. Obtenido de <https://tecnosolab.com/noticias/caracteristicas-electricas-de-los-paneles-solares/>

Excelsolar, Componentes de un Sistema Solar Fotovoltaico, disponible en: <http://sorelec.com.mx/Catalogo-Exel-Solar.pdf>

AREATECNOLOGIA. Electricidad, Regulador de Carga Solar. Obtenido de <https://areatecnologica.com/electricidad/regulador-de-carga-solar.html>

Spiegeler, C., & Cifuentes, J. I. (2016). *Definición e información de energías renovables* [Data set]. Facultad de Ingeniería / Universidad de San Carlos de Guatemala.

Rincón, S. M., & Camargo, A. K. V. (2018). Energías renovables un futuro óptimo para Colombia.

Rua E, Moreno S, Cely L, Granados A, González A, Ramírez R, Aguirre A, Mancipe J, Rojas C, Torres E. (febrero de 2020). Universidad Santo Tomas (USTA), Bombeo Solar Fotovoltaico.

Universidad Nacional Autónoma de México, 2016. Diseño de una instalación y alimentación eléctrica de un comedor industrial por medio de generación distribuida, Ingeniería Eléctrica y electrónica.

APPA Renovables, (2017). ¿Qué es la energía fotovoltaica?, España – Madrid, Calle Doctor Castelo. Disponible en: <https://www.appa.es/appa-fotovoltaica/que-es-la-energia-fotovoltaica/>.

Aulestia L, Celi M. Quito, (febrero de 2017), Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito, Ingeniería Eléctrica, “ Implementacion de un sistema de Paneles Solares Fotovoltaicos con capacidad de 20 kW/mes para ser utilizados en instalaciones industriales, disponible en:

Meza R, Cota C, Jorge L. Toluca – México, (enero de 2016). Universidad Autónoma del Estado de México, El Efecto fotoeléctrico.

Escudero, Consuelo; Jaime, Eduardo; González, Sonia, 2016. «Hacia la conciencia cuántica a partir del efecto fotoeléctrico». Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas. Obtenido de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/>

IDEAM (2015), La radiación solar y su paso por la atmosfera, Ecuador, disponible en: <http://ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/la-radiacion-solar-y-su-paso-por-la-atmosfera>.

Méndez Javier, Cuervo Rafael, (2017). ECA, Instituto de tecnología y formación, ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA, FC editorial segunda edición, Autores: España – Madrid.

(CNO), Consejo Nacional de operación (2019), Universidad de los Andes. Protocolo de confiabilidad de la medición, verificación de calidad y reporte de variables meteorológicas en Plantas Solares Fotovoltaicas conectadas al STN Y STR, Bogotá – Colombia. Obtenido de https://cnostatic.s3.amazonaws.com/cno-public/archivosAdjuntos/anexo_acuerdo1226_0.pdf.

Alfonso J, (2018), España – Santiago de Compostela. SUNFIELDS-EUROPE, Rendimiento de Placas Solares, disponible en: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/paneles-solares-rendimiento/>.

Instituto ECONOVA, 26 de mayo de 2021. ¿Qué es DIALUX y para qué sirve?, se encuentra disponible en: <https://econova-institute.com/blog/que-es-dialux/>.

DIALUX. Descargar DIALux y catálogos de productos. Página oficial de DIALux, su sede se encuentra ubicada en Alemania. Disponible en: <https://www.dialux.com/es-ES/descargar>.

Manuel Déleg, (2020), Cuenca – Azuay – Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana. Tecnología Led, Electrónica Digital.

Saavedra E, Rey F, Luyo J, (30/01/2017), Lima - Perú, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú, Universidad de Valladolid, Valladolid-España. Sistemas de Iluminación, situación actual y perspectivas.

Ecoluzled (2018). Características del LED. Disponible en línea: <https://www.ecoluzled.com/blog/caracteristicas-del-led/>.

Lumi, (junio 12, 2020). Partes esenciales de una luminaria LED, disponible en línea: <https://www.lumichile.com/partes-esenciales-de-una-luminaria-led/>, junio 12, 2020.

Spiegato, (2018). ¿Qué es un disipador de calor LED?, disponible en línea: <https://spiegato.com/es/que-es-un-disipador-de-calor-led>.

LEDBOXBlog, (2021). Luminarias led de alta calidad. Elementos fundamentales. Ensayo en línea: <https://blog.ledbox.es/informacion-led/luminarias-led-de-alta-calidad-elementos-fundamentales>,

EVOLUX, (junio 7 del 2016.) La óptica, elemento crucial en iluminación. Documento disponible en línea: <https://evolux.cl/blog/2016/8/21/la-importancia-de-la-optica-en-iluminacion>

Yanza E, (Cuenca, enero del 2022). Universidad Católica de Cuenca, “Alumbrado Residencial: Uso de Luminarias en el Cantón Cuenca, Eficiencia Energética”.

INVASSAT. (2013), Institut Valencia de Seguretat i Salut en el Treball, Iluminación y Confor Visual, Valencia- España. Obtenido de <https://invassat.gva.es/documents/161660384/161741793/ponencia+Valencia+2013+Confort+visual+De+Rosa+Torner/ddcb-c221-4317-8e5e-a830bb8fe71a>

Delgado F, Sasai D, (Lima, agosto de 2019). Universidad Tecnológica del Perú, “Estudio para la implementación de cargas tipo LED en Iluminación residencial interior para la Optimización del Confort Visual y la Demanda Energética en Lima”.

Bernal Luis E. (2021). Universidad Católica de Cuenca, "Diseño de sistema fotovoltaico para la iluminación ornamental de la iglesia de Turi – Cuenca".

Guerrero J.J. (España, 2019), EDITORIAL SÍNTESIS, S.A. Instalaciones Solares Fотовoltaicas.

Tirado A. (México, enero 2018). Universidad Politécnica de Sinaloa. "Estudio del Comportamiento de Sistemas Fотовoltaicos Mediante Modelos Matemáticos Basados en Datos Reales, Sinaloa- México.

CONELEC (2021). Consejo Nacional de Electricidad, Atlas Solar de Ecuador; Con Fines de Generación Eléctrica. Obtenido de <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00041.pdf>

Avalos E, CIMAV. Estado del Arte de los Sistemas Fотовoltaicos. Obtenido de <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/>

Alvarado J, (2018), Universidad Politécnica de Madrid, Diseño y Calculo de una Instalación Fотовoltaica Aislada, Madrid- España.

Simbaña N, (Quito, febrero del 2021). Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito, Estudio de Factibilidad para el Sistema de Generación Fотовoltaico Aplicada a la Fundación "Children of the Andes Humanitarian".

AS TECHNOLOGY, Soluciones Energéticas con Sistemas off-grid, Donaga- San Marino. Obtenido de <https://astechnology.sm/admin/download/1378716060.pdf>

Perpiñán O, (España, noviembre del 2020), Creative Commons, Energía Solar Fотовoltaica.

Energypedia, (16 de junio de 2018). HOMER: Software de desarrollo de energía renovables. Documento disponible en línea: https://energypedia.info/wiki/HOMER:_Software_de_desarrollo_de_energ%C3%ADas_renovables

Trace-software, (2016). ¿Cuáles son los factores a considerar en la instalación de los módulos fотовoltaicos?, documento en línea disponible en: <https://www.trace-software.com/es/cuales-son-los-factores-a-considerar-en-la-instalacion-de-los-modulos-fotovolticos/>

Alusinsolar, (2018). Aspectos a tener en cuenta en la instalación de un panel solar. Página de origen español, Documento disponible en línea: <https://alusinsolar.com/instalacion-panel-solar-aspectos-a-tener-en-cuenta/>,

Yubasolar, (31 de marzo de 2017), Islas Canarias – España. Factores de perdidas energéticas fотовoltaicas, disponible en: <http://www.yubasolar.net/2015/03/factores-de-perdidas-energeticas.html>

Certificación Energética, (enero 8 de 2017). Eficiencia Energética – Perdidas de una instalación solar. Publicación disponible en línea: <https://certificacionenergetica.info/perdidas-de-una-instalacion-solar/>

GlobalSTD, (14 de mayo de 2021). NOM 017- Equipo de protección personal, uso y manejo en los centros de trabajo. Artículo disponible en: <https://www.globalstd.com/blog/nom-017-equipo-de-proteccion-personal>

Banerjee A, Sameen C, Kumar S (Cali-Colombia, 2017). Universidad ICESI, Colombia S&T, Sistemas & Telemática, Implementación de Casas Inteligentes Seguras Usando Infraestructura Existente.

Neira R, Velecela M, (junio del 2014). Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca, “Estudio de Factibilidad de generación Eléctrica Mediante Energía Eólica y Energía Solar Fotovoltaica Para el Sector de Garauzhi de la Parroquia Quingeo Perteneciente a la Ciudad de Cuenca” Cuenca-Ecuador.

Ochoa D, Ronquillo M. (2021). Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca, “Análisis y Reacondicionamiento del Sistema de Generación Híbrido (Eólico- Fotovoltaico) Aislada de la Universidad Politécnica Salesiana”. Ochoa D, Ronquillo M. Cuenca-Ecuador.

Castiblanco D, Parra. (2020). Universidad Piloto de Colombia, Simulación de un Sistema Híbrido Solar Eólico con Controlador Predictivo, Bogotá-Colombia.

Huang S, Peiyao Li, Quiwei Wu, Fangxing Li, Rong Fei (2020). ELSERVIER, ADMM-based distributed optimal reactive power control for loss minimization of DFIG-based.

Valverde A. (septiembre del 2021). Universidad Politécnica de Madrid, Sistema Híbrido Eólico Fotovoltaico con almacenamiento para la producción de Hidrogeno Madrid- España.

Servan J. (febrero del 2014). Universidad de Piura, Análisis Técnico - Económico de un Sistema Híbrido de Baja Potencia Eólico Solar Conectado a la Red, Piura- Perú.

Herrera V. (2011), Universidad Técnica de Ambato, “Sistema Híbrido Eólico- Fotovoltaico para la Generación de Energía Eléctrica en el Departamento de Turismo del Ilustre Municipio de Baños de Agua Santa” Ambato- Ecuador.

Chávez J, Velecela. (noviembre del 2021). Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca, “Diseño e Implementación de un Sistema Smart Home Aplicado en una Vivienda en la Ciudad de Azogues” Cuenca- Ecuador.

Cano M, Armenta L, Cabal M, Juárez H. (México, junio del 2016). Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Diseño y Simulación de un Sistema de Control Smart Home.

Mansouri S, Ahmarinejad A, Nematbakhsh E, Mohammad S, Ahmad J, Catalao P.S. ELSEVIER. Energy management in microgrids including smart homes: A multi-objective approach.

Babaei M, Albazari A, Mahdi M, Ghafouri M, Muyeen S.M., Beheshti T.H. ELSEVIER A data- mining based optimal demand response program for smart home with energy storges and electric vehicles.

Yagüe S, Monzón V, Monzo C. (31 de diciembre del 2020). Universidad Oberta de Cataluña, Análisis del rol de las casas Inteligentes en Smart City. Yagüe S, Monzón V, Monzo C. Cataluña- España.

Villaverde M, (2017) Escuela Politécnica de Edificación de Barcelona, Instalación Domótica de una Vivienda. Barcelona- España.

Castrillón S. (2019). Universidad Tecnológica de Pereira, Monitorización y Análisis Energético de un Sistema Fotovoltaico de 20 KW, Pereira- Colombia.

TECNICOO. (2021), Mejores app de domótica para tu casa. Obtenido de <https://tecnicoo.es/blog/mejores-app-de-domotica-para-tu-casa/>

EnergyGO, (26 de noviembre del 2021), app para el monitoreo y control de la Energía Solar. Obtenido de <http://blog.energygo.es/5-apps-para-sacarle-todo-eñ-partido-a-la-energia-solar/>.

Juan J, (México, septiembre del 2020). Ginlong Solis, App Para Monitorear el Rendimiento de la Energía Solar Residencial.


Godinho C. (China, 2019). Instalación y configuración Inversores Monofásicos y Trifásicos Huawei, Service and Comissioning Manager. Obtenido de http://royalamerica.com/wp-content/files_mf/

ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica de los módulos fotovoltaicos.

YINGLI SOLAR

**YGE
60 CELL
SERIES 2**

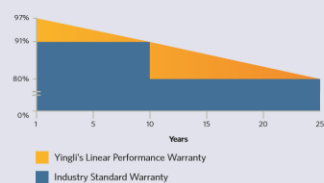


19.6%
CELL EFFICIENCY

10 YEAR
PRODUCT WARRANTY

0 - 5W
POWER TOLERANCE

25 Years Linear Warranty



YINGLISOLAR.COM



IMPROVED POWER NEVER SETTLE FOR LESS

Independently tested for proven product quality and long-term reliability. Millions of PV systems installed worldwide demonstrate Yingli's industry leadership.



Higher Durability

The multi-busbar design can decrease the risk of the cell micro-cracks and fingers broken.



High Power Density

High conversion efficiency and more power output per square meter, by lower series resistance and improved light harvesting.



PID Resistant

Tested in accordance to the standard IEC 62804, our PV modules have demonstrated resistance against PID (Potential Induced Degradation), which translates to security for your investment.



Advanced Glass

Our high-transmission glass features a unique anti-reflective coating that directs more light on the solar cells, resulting in a higher energy yield.

Yingli Green Energy

Yingli Green Energy Holding Company Limited, known as "Yingli Solar", is one of the world's leading solar panel manufacturers with the mission to provide affordable green energy for all. Yingli Solar makes solar power possible for communities everywhere by using our global manufacturing and logistics expertise to address unique local challenges.

YGE 60 CELL SERIES 2

ELECTRICAL PERFORMANCE

Electrical parameters at Standard Test Conditions (STC)

Module type	YLXXXP-29b (XXX=Pmax) YLXXXP-29b 1500V (XXX=Pmax)							
			295	290	285	280	275	270
Power output	P_{max}	W	295	290	285	280	275	270
Power output tolerances	P_{max}	W	0/+5					
Module efficiency	η_m	%	18.0	17.7	17.4	17.1	16.8	16.5
Voltage at P_{max}	V_{mppt}	V	32.0	31.7	31.5	31.3	31.0	30.8
Current at P_{max}	I_{mppt}	A	9.22	9.15	9.05	8.95	8.88	8.77
Open-circuit voltage	V_{oc}	V	38.5	38.4	38.2	38.0	37.8	37.7
Short-circuit current	I_{sc}	A	9.74	9.65	9.55	9.45	9.36	9.26

STC: 1000W/m² irradiance, 25°C cell temperature, AM1.5g spectrum according to EN 60904-3.
Average relative efficiency reduction of 3.3% at 200W/m² according to EN 60904-1.

Electrical parameters at Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)

Module type	YLXXXP-29b (XXX=Pmax) YLXXXP-29b 1500V (XXX=Pmax)							
			295	290	285	280	275	270
Power output	P_{max}	W	217.6	213.9	210.2	206.5	202.8	199.2
Voltage at P_{max}	V_{mppt}	V	29.5	29.2	29.0	28.8	28.6	28.4
Current at P_{max}	I_{mppt}	A	7.38	7.32	7.24	7.16	7.10	7.02
Open-circuit voltage	V_{oc}	V	35.8	35.7	35.5	35.4	35.2	35.1
Short-circuit current	I_{sc}	A	7.87	7.80	7.72	7.64	7.56	7.48

NOCT: open-circuit module operation temperature at 800W/m² irradiance, 20°C ambient temperature, 1m/s wind speed.

THERMAL CHARACTERISTICS

Nominal operating cell temperature	NOCT	°C	45 +/- 2
Temperature coefficient of P_{max}	γ	%/°C	-0.39
Temperature coefficient of V_{oc}	β_{voc}	%/°C	-0.30
Temperature coefficient of I_{sc}	α_{sc}	%/°C	0.05

OPERATING CONDITIONS

Max. system voltage	1000V _{DC} /1500V _{DC}
Max. series fuse rating*	15A
Operating temperature range	-40°C to 85°C
Max. static load, front (e.g., snow)	5400Pa
Max. static load, back (e.g., wind)	2400Pa
Max. hailstone impact (diameter / velocity)	25mm / 23m/s

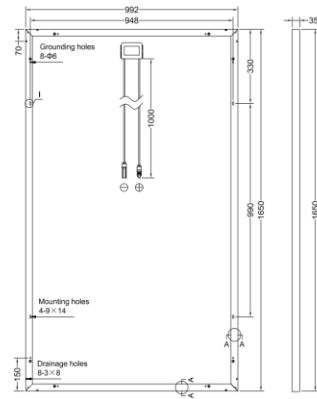
GENERAL CHARACTERISTICS

Dimensions (L / W / H)	1650mm / 992mm / 35mm
Weight	18.5kg

PACKAGING SPECIFICATIONS

Number of modules per pallet	30
Number of pallets per 40' container	28
Packaging box dimensions (L / W / H)	1700mm / 1120mm / 1140mm
Box weight	588kg

Unit: mm




DETAIL I



SECTION A-A


Anexo 2. Ficha técnica de baterías utilizadas para el sistema fotovoltaico




DC12-200 (12V200Ah)

Specification


Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	200Ah@10hr-rate to 1.80V per cell @25°C
Weight	Approx. 60.0 Kg (Tolerance ± 1.5%)
Internal Resistance	Approx. 4 mΩ
Terminal	F10(M6)/F16(M8)
Max. Discharge Current	2000A (5 sec)
Design Life	12 years (floating charge)
Maximum Charging Current	60.0 A
Reference Capacity	C3 154.8AH C5 176.0AH C10 200.0AH C20 210.0AH
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 charge batteries before using.
Container Material	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.



DC (Deep Cycle) series batteries provide superior high integrity and reliability. It is specially designed for frequent cyclic charge and discharge. By using strong grids, thick plate and specially active material are designed for repeated deep-discharge applications. The DC series batteries offers 30% more cyclic life than the standby series. It is suitable for solar and wind renewable energy storage, mobility and medical equipment, RV, telecom, broadband and cable TV, UPS systems etc.

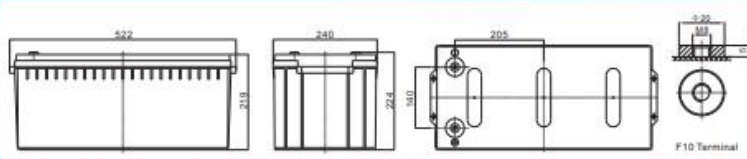


MI2359



GM2356-010-E-18

Dimensions



Length	522±1mm (20.6 inches)
Width	240±1mm (9.45 inches)
Height	219±1mm (8.62 inches)
Total Height	224±1mm (8.82 inches)
Terminal	Value
M5	6-7 N*m
M6	8-10 N*m
M8	10-12 N*m

Unit: mm

Constant Current Discharge Characteristics :A(25°C)

F.V/Time	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	417.6	329.1	190.8	119.8	74.0	55.1	44.1	37.1	25.3	21.5	10.9
1.65V	403.7	319.3	186.8	117.5	72.7	54.3	43.4	36.7	25.1	21.3	10.8
1.70V	385.5	306.3	181.5	114.5	71.0	53.2	42.6	36.1	24.7	21.0	10.7
1.75V	361.2	289.0	174.3	110.4	68.8	51.6	41.5	35.2	24.2	20.6	10.5
1.80V	328.7	265.6	164.4	104.8	65.6	49.5	40.0	34.0	23.4	20.0	10.3
1.85V	284.3	233.3	150.4	96.8	61.1	46.4	37.8	32.3	22.4	19.2	9.89

Constant Power Discharge Characteristics : WPC(25°C)

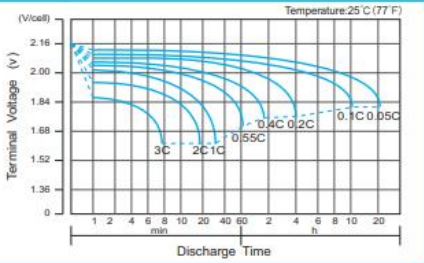
F.V/Time	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	710	575	347	224	140	105	84.6	71.6	49.5	42.2	21.5
1.65V	704	570	344	222	139	104	83.8	71.0	49.1	41.9	21.4
1.70V	680	552	336	217	136	102	82.5	70.0	48.4	41.3	21.1
1.75V	649	528	326	210	132	99.9	80.6	68.6	47.5	40.6	20.8
1.80V	601	492	311	201	127	96.1	77.9	66.5	46.2	39.5	20.3
1.85V	529	438	287	187	119	90.6	73.8	63.4	44.2	38.0	19.6

(Note) The above characteristics data are average values obtained within three charge/discharge cycle not the minimum values.

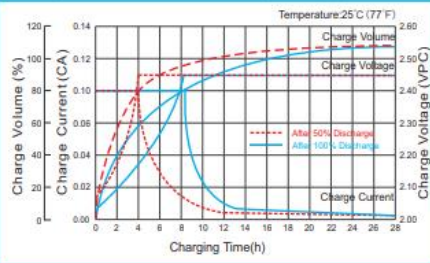
DC12-200(12V200Ah)



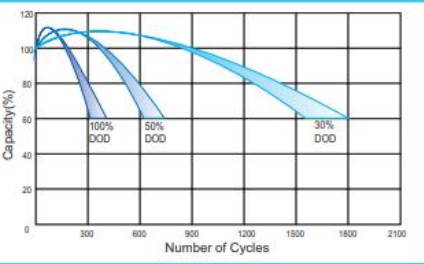
Discharge Characteristics Curve



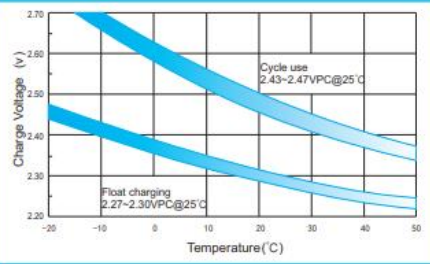
Charge Characteristic Curve for Cycle Use(IU)



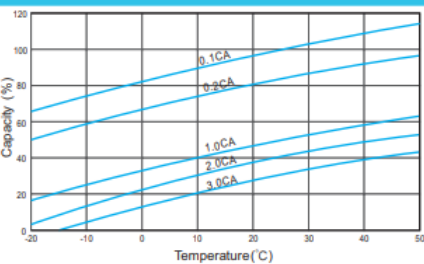
Cycle Life in Relation to Depth of Discharge



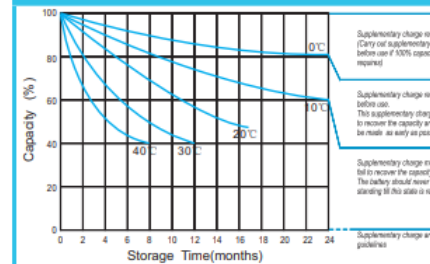
Relationship Between Charging Voltage and Temperature



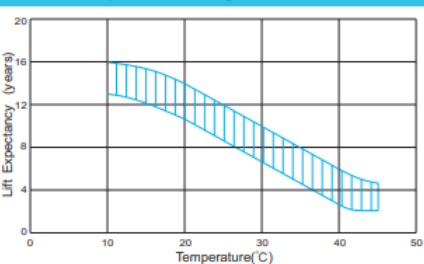
Temperature Effects on Capacity



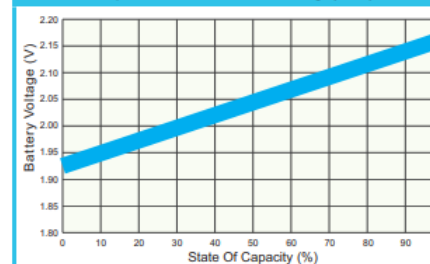
Storage Characteristics



Effect of Temperature on Long Term Life



Relationship of OCV And State of Charge(20°C)



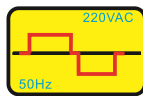
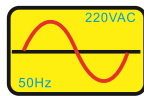
SHENZHEN RITAR POWER CO.,LTD.
URL: www.ritarpower.com

Add: 10th Floor, Tower C, 1st Building, Software Industry Base, No.81, Xuefu Road, Nanshan District, Shenzhen, Guangdong, China 518057
Tel: +86-755-33981668/83475380 Fax: +86-755-83475180 E-mail: sales@ritarpower.com Version 17A-0

Anexo 3. Ficha técnica de inversor utilizado en el Sistema fotovoltaico.

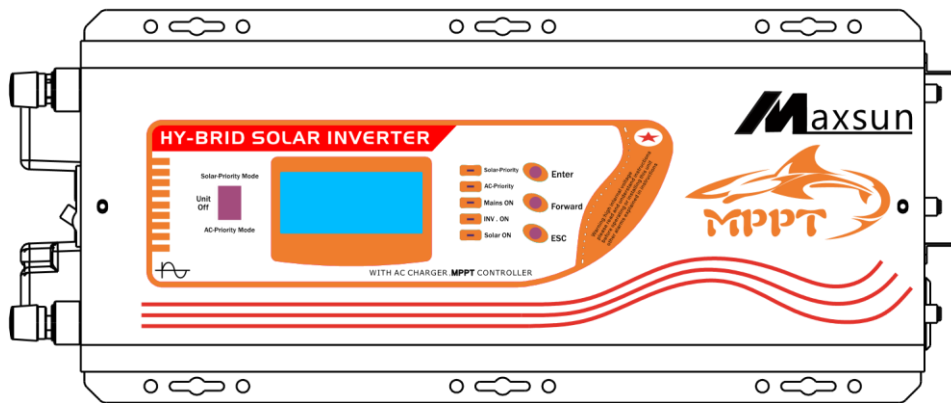


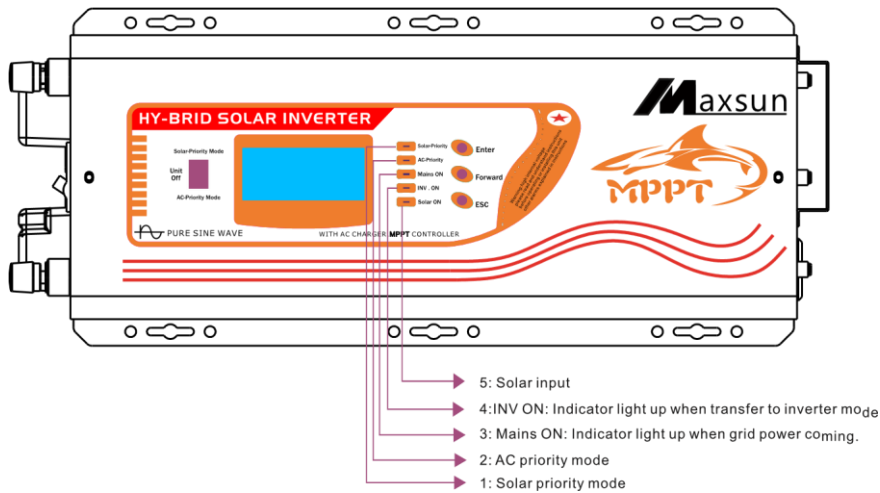
Product Information Guide



1KW 2KW 3KW
4KW 5KW 6KW

Continuous power
with P.F.C charger





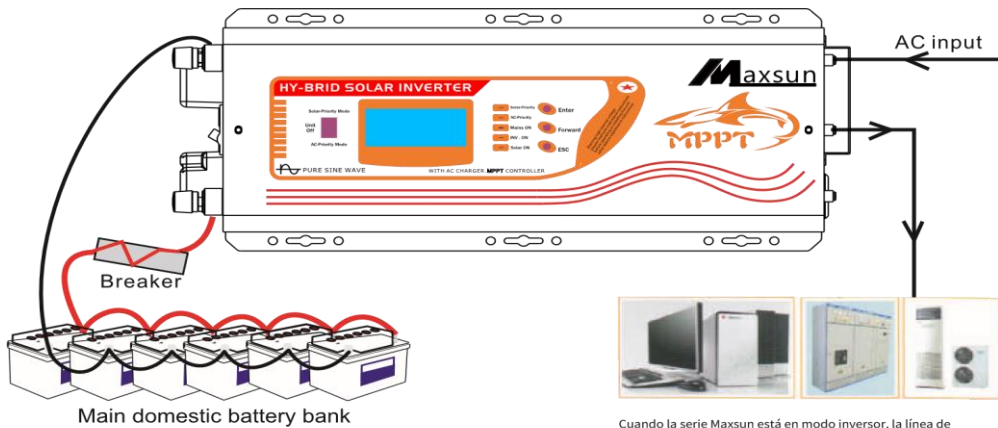
Model	30A	40A	50A	60A
Solar input voltage	15-50VDC/30-100VDC/60-150VDC			
Battery input voltage	12VDC/24VDC/48VDC			
solar input POWER	12VDC/24VDC/48VDC 450W/900W/1800W	12VDC/24VDC/48VDC 600W/1200W/2400W	12VDC/24VDC/48VDC 750W/1500W/3000W	12VDC/24VDC/48VDC 900W/1800W/3600W
charge current	30A	40A	50A	60A
Control Type	MPPT			

Inversor y cargador combinados

Cableado básico para la Serie Maxsun

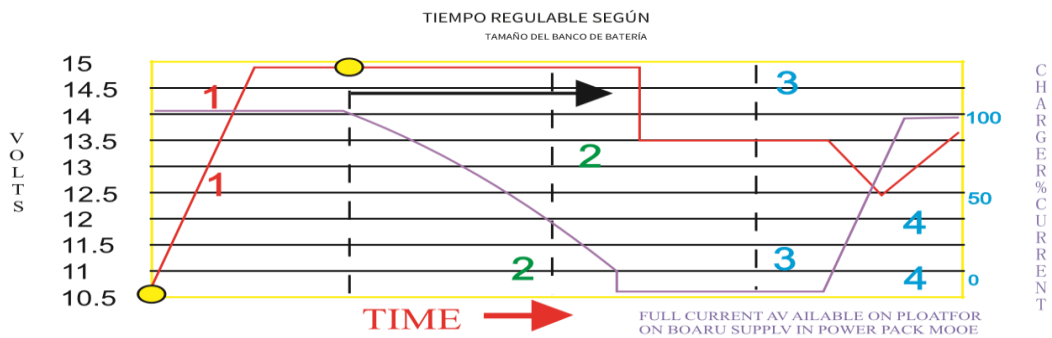
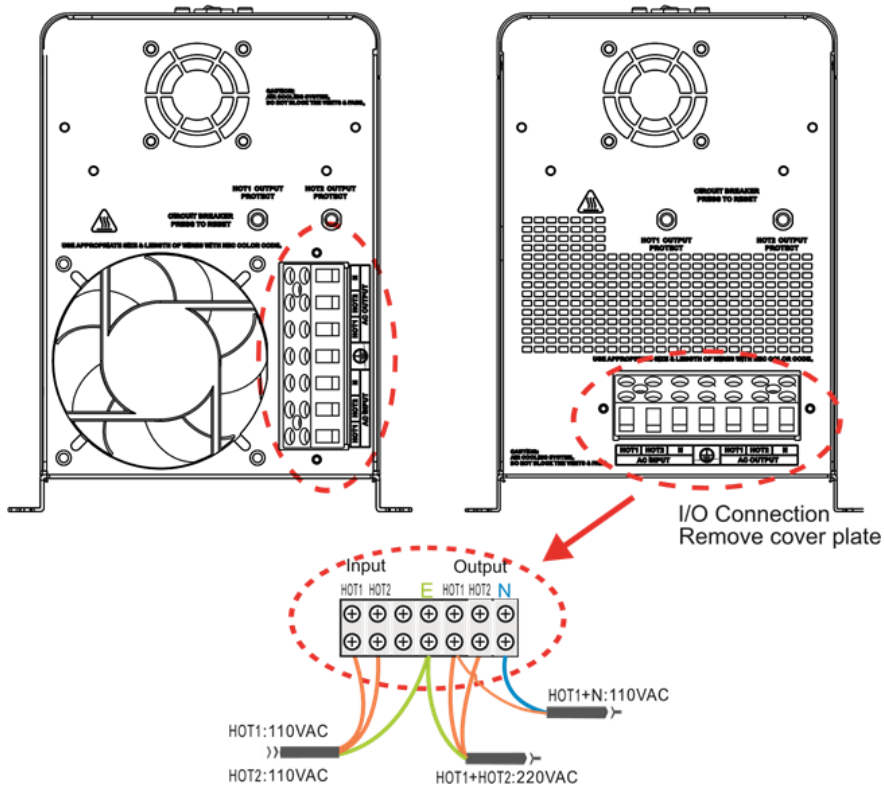
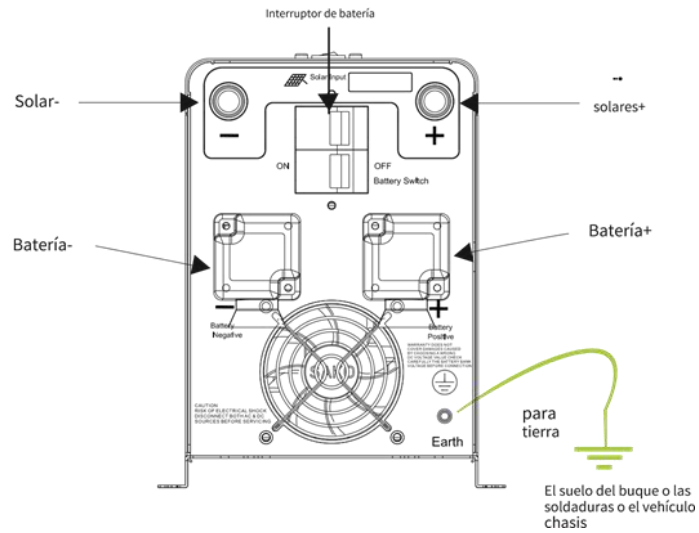


Alambrado: Alto voltaje, no abra a menos que Calificado para hacerlo; Lea las instrucciones antes de trabajar en este producto.



Cuando la serie Maxsun está en modo inversor, la línea de tierra "a través de la caja" se desconecta automáticamente de la tierra de entrada y se conecta al neutro de salida,

Un cargador o inversor	distancia de recorrido del cable 0-1,5 m	distancia de recorrido del cable 1,5-4,0 m
125-180A	125-180A ²	70 mm ²
180-330A	70 mm ²	90 mm ²



THE NEW BATTERY CHARGERS AND BOOSTERS OFFER THE FASTEST CHARGE RATE CURRENTLY AVAILABLE
 STEP 1=CONSTANT CURRENT CHARGE
 STEP 2=ABSORPTION CHARGE TA 14.4/14.8V
 STEP 3=CONSTANT VOLTAGE AT 13.5 VOLTS
 STEP 4=LOW VOLTAGE RESET TO STEP 1

Especificación general

Forma de onda de entrada:	Onda sinusoidal
Voltaje nominal:	110/220 VCA
Disparo por bajo tensión:	184v/154v ±/-4%
Reconexión de bajo voltaje:	194v/164v ±/-4%
Viaje de alto voltaje:	253v ±/-4%
Reconexión de alto voltaje:	243v ±/-4%
Voltaje de CA de entrada máx.:	270 VCA
Frecuencia nominal de entrada:	60Hz
Viaje de baja frecuencia:	55Hz
Viaje de alta frecuencia:	65Hz
Forma de onda de salida:	(Modo de derivación) igual que la entrada
Protección de sobrecarga:	Cortacircuitos
Protección contra cortocircuitos:	Cortacircuitos
Deflexión de corriente de sobrecarga:	30 amperios o 40 amperios
Eficiencia en el modo de transferencia en línea:	95%+
Tiempo de mantenimiento de línea:	10 ms típico
Bypass sin batería conectada:	Sí
Corriente de derivación máxima:	30 amperios o 40 amperios
Bypass sobre corriente de carga:	35 amperios o 45 amperios: alarma

Especificación / salida de Inerter

Forma de onda de salida:	Onda sinusoidal pura o cuasi sinusoidal
Wattios de potencia continua de salida:	1000 2000 3000 4000 5000 6000
Potencia continua de salida VA:	1000 2000 3000 4000 5000 6000
Factor de potencia:	0.9-1.0
Tensión nominal puesta rms:	110/220 VCA
Regulación de voltaje de salida:	+ /-10%rms
Frecuencia de salida:	60Hz ±1/Hz
Eficiencia nominal:	> 88%
Categorías de potencia:	3000 6000 9000 12000 15000 18000
Protección contra cortocircuitos:	Sí, falla después de 10 segundos

Especificación / entrada de Inerter

Voltaje nominal de entrada:	12v 24v 48v
Tensión mínima de arranque:	10v 20v 40v
Alarma de batería baja:	10.5v 21v 42v
Viaje de batería baja:	10v 20v 40v
Alarma de alto voltaje:	16v 32v 64v

Especificación del modo del cargador

Rango de voltaje de entrada:	165-265VAC
Tensión de salida:	Depende del tipo de batería
Corriente de carga:	40A máx.
Voltaje inicial de la batería para el arranque:	0-15,7v para 12v (*2 para 24v; *4 para 48v)
Apagado de protección contra sobrecarga:	15.7v para 12v (*2 para 24v; *4 para 48v)

Curvas del cargador (corriente constante de 4 etapas) tipos de batería
 Carga progresiva controlada digitalmente de 4 pasos
 Mando a distancia / RS232 / USB Sí. Opcional

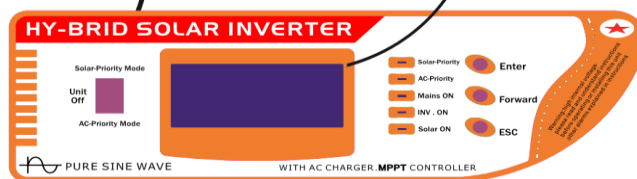
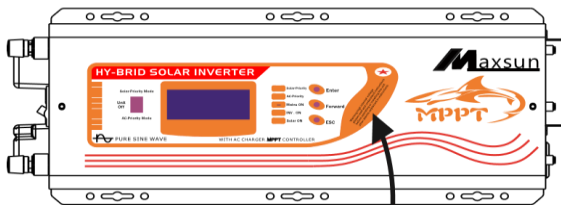
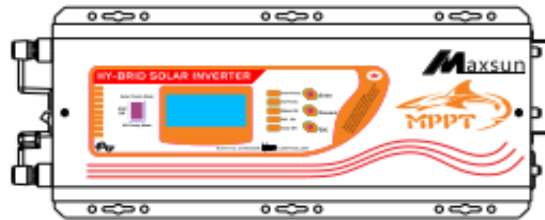
Información de pedido

Typical part number ▶ Maxsun -20 -12 -E 00

1. Serie Base
Serie Maxsun e Inerter y cargador combinados
2. Dimensiones
Núm. de dígitos (para el modo de derivación)
3. Potencia nominal
20-2000W 20-2000W 30-3000W
40-4000W 50-5000W 60-6000W
4. Rango de tensión
12=12 VCC 24=24 VCC 48=48 VCC
5. Voltaje CA
E=120V VCA N=120V VCA
6. Suño
00=Modelo estándar 01=Modelo cliente

Código de fallo

NO	Problemas	Soluciones
1	La salida de CA de 120 V El código CLERR está mal	Verificar que los interruptores de entrada y salida estén en la posición de encendido
2	El funcionamiento del inverter es ruidoso	¿Hay alguna materia extraña? dentro del ventilador
3	Se enciende el indicador de sobre temperatura	Compruebe que el ventilador los agujeros se ventilen
4	El inverter y el controlador solar funcionan libremente	Compruebe el nivel de concentración de la batería está demasiado
5	La batería está sobrecargada	Verifique el estado de carga de la batería
6	La salida de CA es un cortocircuito	Verifique el estado de carga
7	reserva	
8	reserva	
9	La salida de CA está sobrecargada	Compruebe la capacidad de carga

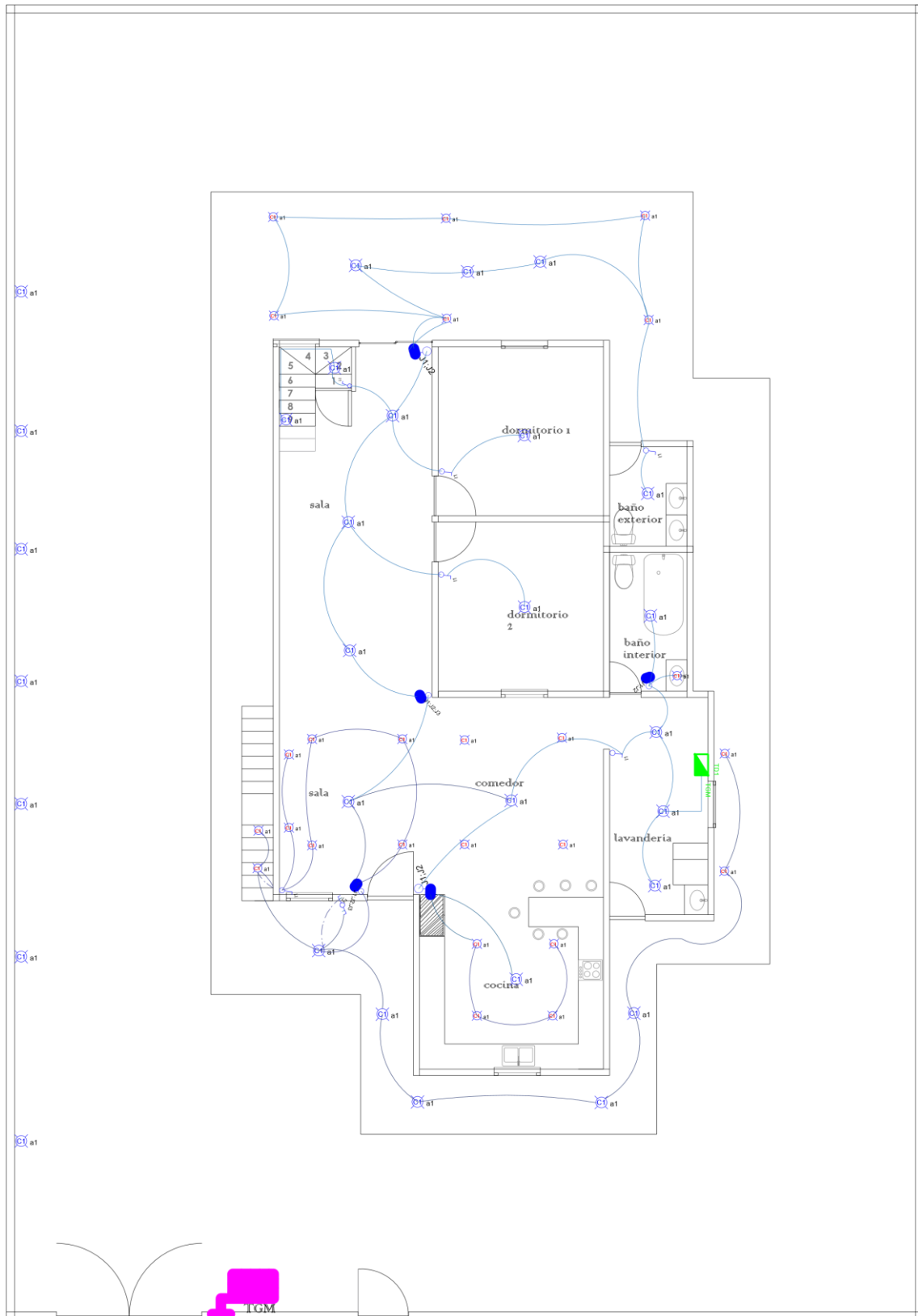


1. Salida
2. Corriente de carga
3. Entrada solar
4. Entrada de CA
5. Bajo voltaje
6. Voltaje de carga
7. Código de falla

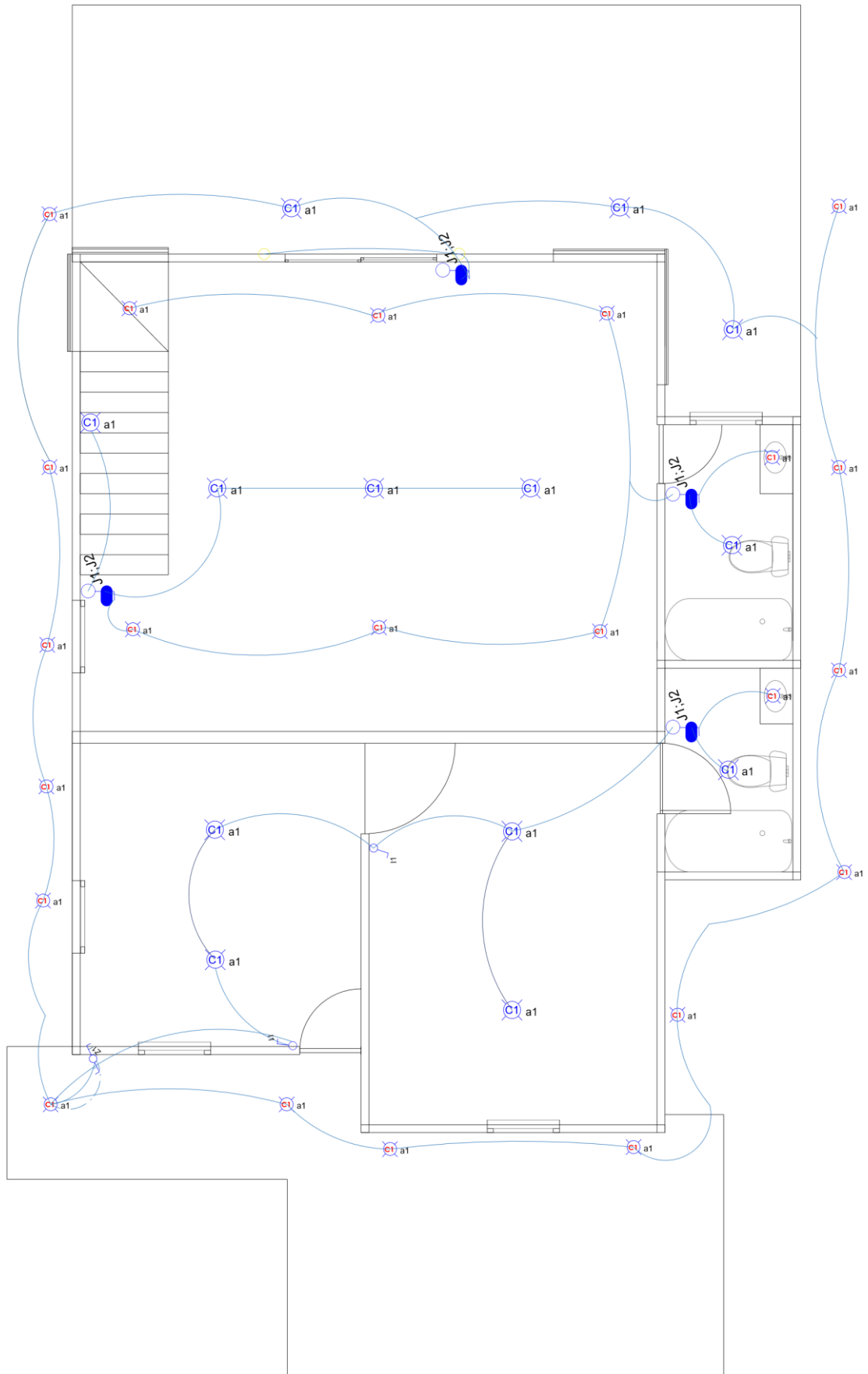


Anexo 4. Plano lumínico de la vivienda, realizado en AUTOCAD

Planta baja.

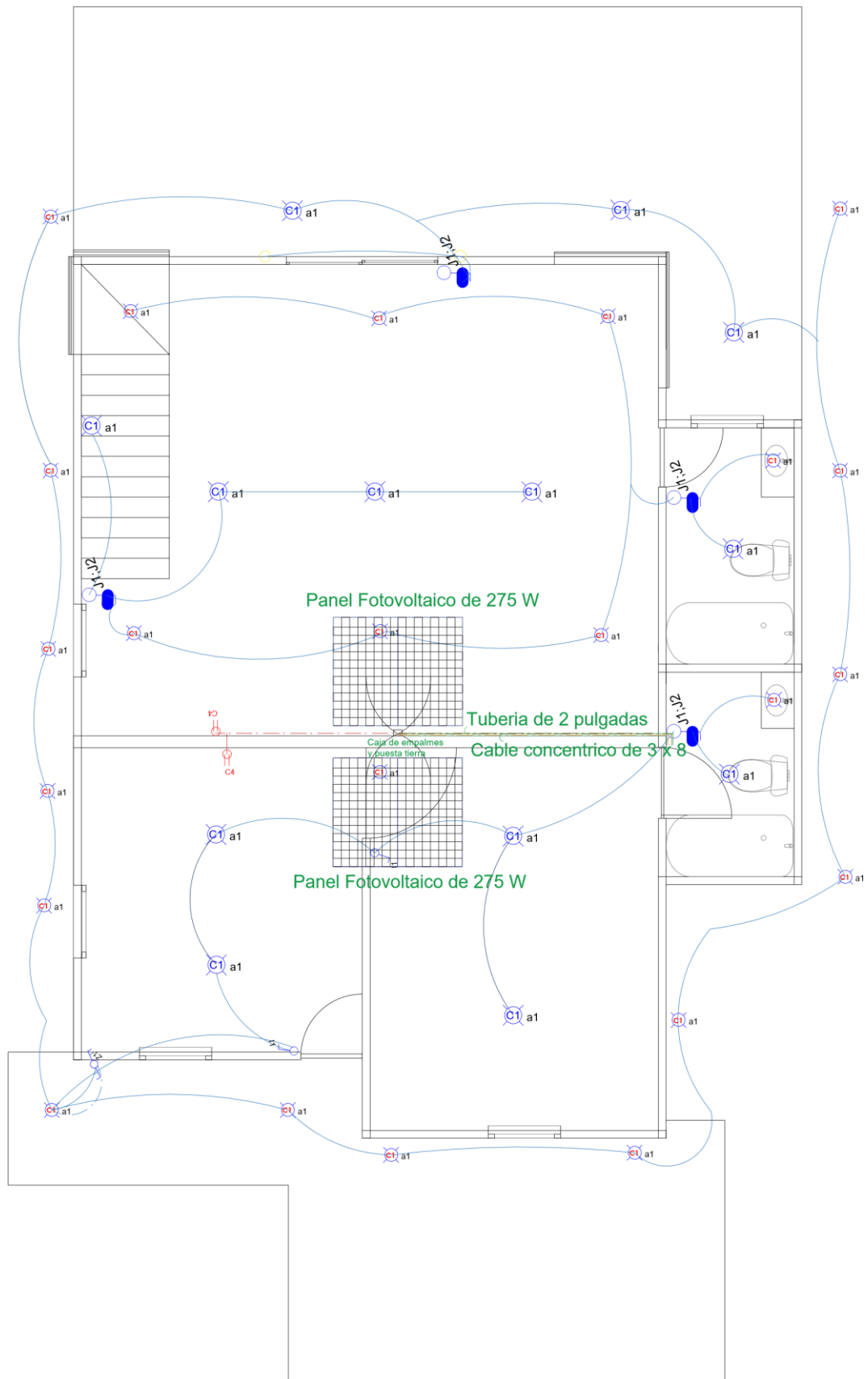


Planta alta.

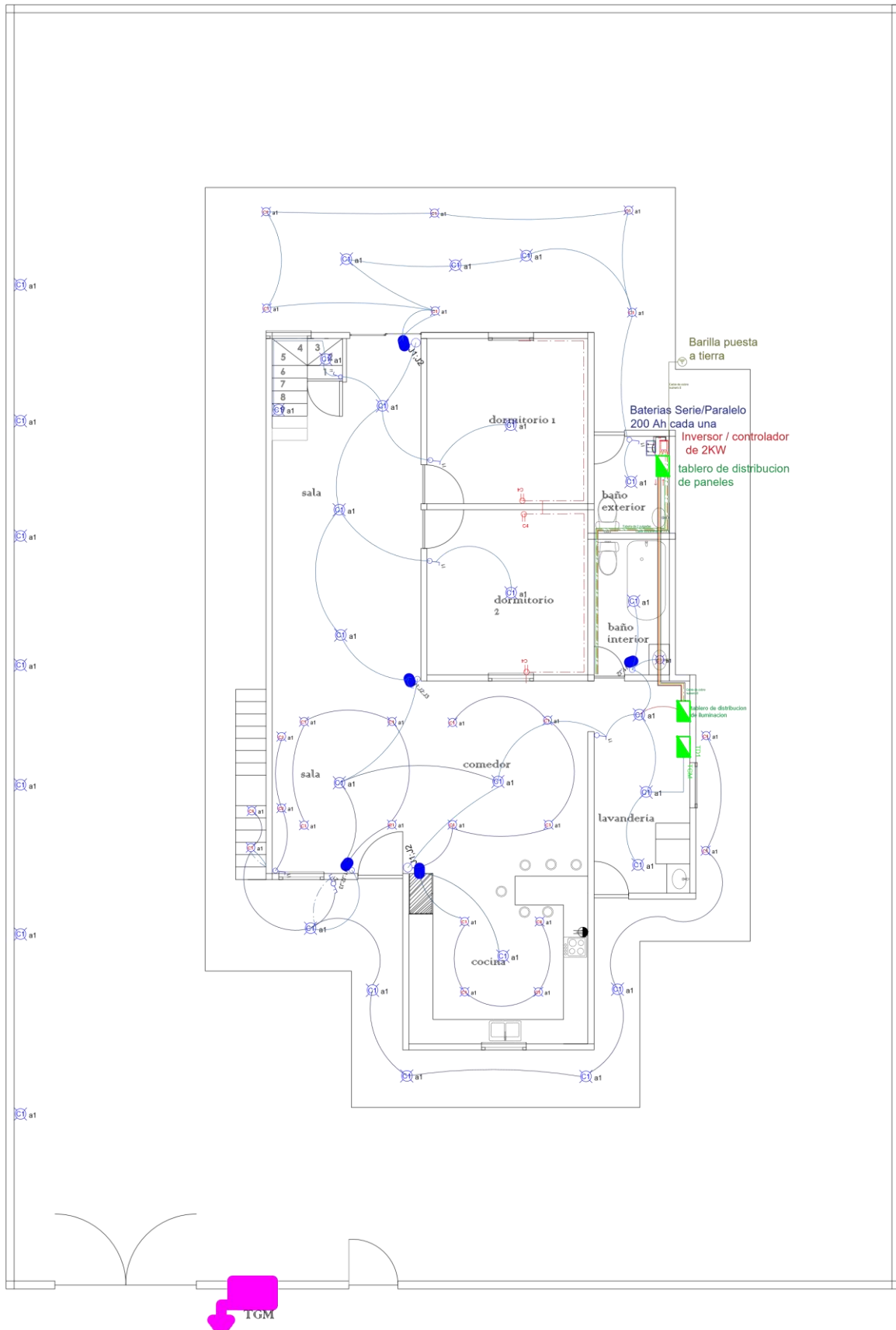


Anexo 5. Plano Eléctrico de la vivienda, conectado al sistema fotovoltaico

Segunda planta



Primera planta.



Anexo 6. Diseño realizado en DIALux











Anexo 7. Códigos de curvas realizados en Matlab.

```
% %% fig 1
% x1a=[0.043857, 0.107821, 0.171786, 0.184578, 0.261335, 0.389264,
0.427642, 0.529985, 0.632328, 0.632328, 0.696292, 0.824220, 0.913770,
1.016112, 1.105662, 10.853800];
% y1a=[9.387941, 9.400734, 9.400734, 2.313505, 2.313505, 2.339091,
0.919087, 0.919087, 0.919087, 0.612059, 0.599266, 0.599266, 0.420166,
0.420166, 0.241067, 0.189895];
% x1b=[0.031064, 0.056650, 0.095029, 0.338092, 0.491606, 0.619535,
0.709085, 0.837013, 0.939356, 1.092869, 10.879386];
% y1b=[8.991363, 6.356040, 2.556569, 1.047015, 0.727194, 0.484130,
0.381788, 0.381788, 0.279445, 0.241067, 0.177102];
% figure
% area(x1a,y1a,'facecolor',[.7 0 .7],'facealpha',.5);grid on;hold on
% plot(x1b,y1b,'r','linewidth',3);ylim([.2 10]);xlim([0 8])
% legend('Registered events','Fitted Distribution'); ylabel('Outage
Events')
%
xlabel('Duration(min)x10^4');yticklabels({'100','200','300','400','500',
'600','700','800','900','1000'})
%
% %% fig 2
% x2a=[0.017771, 0.209681, 0.209681, 0.452767, 0.439973, 0.644677,
0.657471, 0.862175, 0.887763, 1.079673, 1.092467, 1.309965, 1.335553,
1.527463, 1.514669, 1.757755, 1.770549, 1.988047, 1.988047, 2.167163,
2.192751, 2.397455, 2.384661, 2.602159, 2.653335, 2.870833, 2.858039,
3.101125, 3.113919, 3.267447, 3.344211, 3.523327, 3.548915, 3.715237,
3.753619, 3.958323, 3.983911, 4.175821, 4.201409, 4.406113, 4.418907,
4.623611, 4.610817, 4.841109, 4.853903, 5.045813, 5.045813, 5.250517,
5.276105, 5.506397, 5.506397, 5.698307, 5.711101, 5.928599, 5.966981,
6.158891, 6.158891, 6.376389, 6.389183, 6.581093, 6.581093, 6.785797,
6.811385, 7.003295, 7.054471, 7.259175, 7.284763, 7.438291, 7.463879,
7.681377, 7.719759, 7.898875, 7.898875, 8.129167, 8.141961, 8.333871,
8.346665, 8.576957, 8.602545, 8.794455, 8.794455, 9.011953, 8.986365,
9.229451, 9.255039, 9.421361, 9.446949, 9.651653, 9.664447, 9.881945,
9.920327, 10.086649, 10.086649, 10.406499, 10.432087, 10.560027,
10.560027, 10.777525, 10.777525, 10.969435];
% y2a=[5.460584, 5.473378, 1.494444, 1.468856, 2.581934, 2.594728,
1.366504, 1.353710, 1.456062, 1.468856, 1.033860, 1.021066, 2.709874,
2.722668, 1.814294, 1.814294, 2.287672, 2.313260, 1.737530, 1.711942,
2.057380, 2.044586, 1.955028, 1.942234, 3.349574, 3.336780, 1.379298,
1.340916, 3.554278, 3.579866, 3.451926, 3.451926, 4.539416, 4.539416,
2.991342, 2.991342, 3.656630, 3.669424, 3.797364, 3.822952, 5.460584,
5.460584, 2.287672, 2.300466, 5.051176, 5.051176, 3.720600, 3.733394,
2.441200, 2.453994, 3.861334, 3.848540, 4.334712, 4.334712, 7.290126,
7.290126, 4.040450, 4.027656, 5.972344, 5.972344, 3.605454, 3.605454,
7.725122, 7.763504, 5.473378, 5.486172, 8.339234, 8.352028, 4.961618,
4.974412, 5.972344, 5.972344, 3.771776, 3.733394, 5.332644, 5.332644,
3.733394, 3.733394, 4.245154, 4.245154, 3.106488, 3.106488, 3.208840,
3.234428, 1.993410, 2.006204, 2.594728, 2.607522, 2.108556, 2.108556,
3.106488, 3.106488, 1.468856, 1.430474, 1.788706, 1.801500, 1.238564,
1.238564, 1.315328, 1.328122];
% x2b=[0.017771, 0.132917, 0.273651, 0.414385, 0.529531, 0.785411,
1.002909, 1.207613, 1.437905, 1.655403, 1.821725, 2.141575, 2.384661,
2.896421, 3.126713, 3.318623, 3.548915, 3.740825, 3.958323, 4.214203,
4.572435, 4.879491, 5.314487, 5.647131, 5.851835, 5.954187, 6.133303,
```

```

6.286831, 6.414771, 6.542711, 6.760209, 6.888149, 7.054471, 7.220793,
7.399909, 7.553437, 7.668583, 7.822111, 8.052403, 8.308283, 8.730485,
9.101511, 9.331803, 9.523713, 9.702829, 9.830769, 9.958709, 10.086649,
10.176207, 10.342529, 10.508851, 10.662379, 10.841495, 10.995023];
% y2b=[0.048722, 4.014862, 3.899716, 3.733394, 3.528690, 3.260016,
3.055312, 2.952960, 2.837814, 2.863402, 2.914578, 3.144870, 3.387956,
3.963686, 4.257948, 4.526622, 4.846472, 5.063970, 5.243086, 5.447790,
5.754846, 5.946756, 6.304988, 6.688808, 6.957482, 7.111010, 7.315714,
7.520418, 7.686740, 7.814680, 7.968208, 8.032178, 8.057766, 8.019384,
7.955414, 7.789092, 7.597182, 7.379684, 7.008658, 6.407340, 5.319850,
4.577798, 4.155596, 3.810158, 3.567072, 3.439132, 3.285604, 3.170458,
3.068106, 2.978548, 2.901784, 2.825020, 2.812226, 0.087104];
% figure
% area(x2a,y2a,'facecolor',[.7 0 .7],'facealpha',.5);grid on;hold on
% plot(x2b,y2b,'r','linewidth',3);ylim([.2 10]);xlim([0 11])
% legend('Registered events','Fitted Distribution'); ylabel('Outage
Events')
%
xlabel('Duration(min)x10^4');yticklabels({'100','200','300','400','500'
,'600','700','800','900','1000'})
%
%% fig 3
% x3=[1.111270, 2.134046, 3.156822, 4.206513, 5.283119, 6.346268,
7.395959, 8.432192, 9.481883, 10.504659, 11.554350, 12.630956, 13.680648,
14.703423, 15.793487, 16.883551, 17.865954, 18.915645, 19.924964];
% y3=[7.215321, 5.950309, 6.286748, 8.063149, 7.740167, 7.740167,
7.578676, 7.363355, 7.349897, 7.309524, 7.134576, 7.228779, 7.228779,
7.067288, 7.565218, 7.632506, 7.471015, 7.471015, 7.349897];
% figure
% plot(x3,y3,'-ok');grid on; ylabel('Davies-Bouldin index')
%
%% fig 4
% x4=[0.061563, 1.043968, 2.107118, 3.143354, 4.206504, 5.283112,
6.278974, 7.342124, 8.405275, 9.468425, 10.518118, 11.567810, 12.604045,
13.667196, 14.689973, 15.793496, 16.829731, 17.865966, 18.902201,
19.951894];
% y4=[6.960672, 5.520709, 4.067288, 2.842647, 2.586952, 2.385088,
1.967903, 1.698751, 1.604547, 1.443056, 1.443056, 1.389226, 1.335395,
1.321938, 1.093159, 1.106616, 1.079701, 1.066244, 1.025871, 1.066244];
% figure
% plot(x4,y4,'-ok');grid on; ylabel('Total sum of distances
x1000');xlabel('#clusters')

%% fig 5
% x5a=[105.463743, 107.079294, 155.545845, 155.545845, 359.105355,
360.720907, 410.803009, 412.418560, 460.885110, 464.116214, 662.829069,
666.060173, 714.526723, 716.142274, 761.377721, 767.839928, 914.855130,
921.317337, 1168.496742, 1171.727846, 1221.809948, 1225.041051,
1423.753906, 1426.985010, 1630.544520, 1630.544520, 1680.626622,
1683.857726, 2031.201335, 2037.663542, 2289.689602, 2292.920706];
% y5a=[-0.656814, 54.271942, 55.887494, 105.969596, 109.200699,
162.513904, 160.898353, 110.816251, 105.969596, 0.958737, -0.656814,
212.596006, 215.827109, 2.574289, 2.574289, 267.524763, 269.140315,
375.766725, 374.151173, 424.233275, 427.464378, -0.656814, -0.656814,
532.475237, 535.706340, 582.557339, 585.788442, 692.414852, 694.030404,
794.194608, 797.425711, 0.958737];

```

```

% x5b=[155.545845, 158.776948, 460.885110, 462.500662, 761.377721,
762.993273, 919.701785, 921.317337, 968.168335, 973.014990, 1223.425499,
1226.656603, 1480.298215, 1480.298215, 1630.544520, 1632.160072,
1784.021929, 1787.253032, 2037.663542, 2040.894645, 2087.745643,
2090.976747, 2381.776047];
% y5b=[0.958737, 52.656391, 52.656391, 157.667249, 156.051698,
210.980454, 210.980454, 267.524763, 265.909211, 319.222416, 322.453520,
422.617723, 422.617723, 474.315377, 475.930929, 529.244134, 534.090789,
637.486096, 637.486096, 689.183749, 694.030404, 740.881403, 740.881403];
%
% x5c=[464.116214, 467.347317, 661.213518, 666.060173, 1225.041051,
1225.041051, 1480.298215, 1528.764765];
% y5c=[0.958737, 160.898353, 160.898353, 4.189841, -0.656814, 429.079930,
430.695482, 4.189841];
% figure
% area(x5a,y5a,'facecolor',[.5 0 .5],'facealpha',.5); hold on ;
% area(x5b,y5b,'facecolor',[1 1 1],'edgecolor',[0 0 0]);xlabel('Starting
Time hours')
% area(x5c,y5c,'facecolor',[1 1 1],'edgecolor',[1 1 1]);
%
% xticklabels({'0','5','10','15','20','25'});ylim([0 800]);xlim([0
2350])
% yticklabels({});

%% fig 6
% x6a=[0.076571, 6.569812, 7.201897, 8.638455, 9.270540, 19.786143,
20.360766, 21.912249, 22.486872, 23.865967];
% y6a=[10.203845, 10.203845, 20.087362, 20.087362, 40.141708, 40.141708,
20.202287, 20.087362, 10.146382, 10.146382];
% x6b=[0.076571, 0.593731, 1.053430, 2.489988, 3.007148, 3.524309,
4.098932, 4.501168, 5.133254, 5.535490, 6.225038, 6.512349, 7.144435,
7.661596, 8.236219, 9.615314, 10.189937, 10.592173, 11.281721, 11.683957,
12.201118, 12.775741, 13.235440, 13.810063, 14.327224, 14.729460,
15.246621, 17.832425, 18.349585, 18.809284, 19.383907, 19.786143,
20.303304, 20.877927, 21.395088, 21.854786, 22.429409, 22.831646,
23.406269, 23.808505];
% y6b=[14.168744, 14.053819, 15.030679, 15.145603, 13.191885, 13.134422,
10.088920, 10.088920, 14.053819, 14.111282, 17.041860, 17.041860,
18.995578, 18.995578, 24.052261, 24.052261, 25.029121, 25.029121,
37.153668, 37.038744, 34.223090, 34.223090, 33.131306, 33.016382,
39.911859, 39.969321, 46.979723, 47.152110, 43.072286, 43.072286,
33.993241, 34.165628, 38.015603, 38.015603, 37.038744, 37.038744,
24.052261, 24.052261, 18.133643, 18.133643];
% figure
% plot(x6a,y6a,'b');hold on;grid on;plot(x6b,y6b,'r');hold on;grid on;
% legend('TOU','RTP');
ylabel('$/kWh/1000');xlabel('Time(hours)');xlim([0 24])

%% fig 7
f7a=rand(1,24);
f7b=rand(1,24);
f7c=rand(1,24);
f7d=rand(1,24);
f7e=[0 0 0 0 0 4 3 0 2 0 0 1.5 0 0 2 0 0 2 3 0 3 5 0 0 ];
figure
stairs(f7a);hold on;grid on
stairs(f7b);hold on;grid on
stairs(f7c);hold on;grid on

```

```

stairs(f7d);hold on;grid on
stairs(f7e);hold on;grid on;ylabel('Load(kW)')

%% fig 8
x8a=[4.627669, 4.982962, 5.322106, 6.048841, 6.937074, 7.615361,
8.035253, 8.406695, 8.745839, 9.133431, 9.585622, 9.973215, 10.393106,
10.780699, 11.152142, 11.475135, 11.943476, 12.508715, 13.300050,
14.236731, 15.254161, 18.387200, 18.694044, 19.097786, 19.340031,
19.695324];
y8a=[0.203544, 0.219694, 0.316592, 0.736483, 2.464500, 3.837223,
4.773904, 5.500640, 6.098179, 6.905663, 7.713147, 8.262236, 8.746727,
9.085870, 9.392714, 9.634959, 9.861055, 9.861055, 9.683408, 6.195077,
7.115609, 0.817232, 0.704184, 0.494238, 0.365041, 0.235843];
x8b=[5.031411, 5.370555, 5.661249, 5.984243, 6.387985, 6.662529,
7.163170, 7.663810, 8.051402, 8.697390, 9.165730, 9.472574, 9.892466,
10.312358, 10.877597, 11.555884, 11.975775, 12.363368, 12.977056,
13.413097, 13.994486, 14.382078, 14.656623, 15.044215, 15.334910,
15.609454, 15.932448, 16.190843, 16.481537, 16.852980, 17.256722,
17.612015, 17.902710, 18.177254, 18.338751, 18.920140, 19.598426];
y8b=[0.251993, 0.300442, 0.348891, 0.510388, 0.865681, 1.479369,
2.399901, 3.481930, 4.289414, 5.662137, 6.679567, 7.147908, 7.793895,
8.262236, 9.021271, 9.618810, 9.812606, 9.844905, 9.699558, 9.457313,
8.892074, 8.585230, 8.181488, 7.632398, 7.196357, 6.566519, 5.920532,
5.484491, 4.822353, 3.982570, 3.110487, 2.464500, 1.980009, 1.237124,
0.914130, 0.558837, 0.300442];
y8c=y8b-.5; y8d=y8b-1;
x8e=[5.112160, 5.564351, 5.984243, 6.371835, 6.840176, 7.195469,
7.663810, 7.986804, 8.212899, 8.406695, 8.616641, 8.810437, 9.068832,
9.375676, 9.811718, 10.167011, 10.490005, 10.990645, 11.458986,
12.218021, 13.267750, 13.509995, 15.318760, 15.980897, 16.739932,
17.256722, 17.660464, 17.935009];
y8e=[0.203544, 0.316592, 0.365041, 0.397340, 1.140226, 1.640866,
2.706745, 3.368882, 3.885672, 4.321713, 4.677006, 5.096898, 5.597538,
6.195077, 6.857214, 7.470902, 7.826195, 8.116889, 8.472182, 8.859774,
8.359134, 7.551650, 3.175086, 2.529098, 1.463219, 0.655735, 0.445789,
0.332741];
x8f=[5.499752, 6.242638, 6.662529, 7.001673, 7.696109, 8.164450,
8.422845, 8.616641, 9.004234, 9.181880, 10.183161, 11.200591, 11.442836,
12.234170, 12.767110, 13.477696, 14.236731, 14.915018, 15.399508,
16.303891, 17.046776, 17.353620, 17.676614, 18.161104];
y8f=[0.332741, 0.332741, 0.720334, 1.237124, 2.803643, 3.659576,
4.370162, 4.499360, 4.515509, 4.515509, 3.562678, 6.663417, 7.067160,
8.520631, 8.116889, 7.309405, 6.227376, 4.354013, 3.158936, 2.076907,
0.930280, 0.639585, 0.494238, 0.300442];
x8g=[7.163170, 7.486163, 7.922205, 8.503593, 9.036533, 9.472574,
9.876317, 10.441555, 11.006794, 11.345938, 11.814279, 12.169572,
12.637913, 13.073954, 13.445397, 13.832989, 14.365929, 15.157263,
15.754802, 16.077795, 16.416939, 16.739932, 17.030627, 17.192123];
y8g=[0.219694, 0.833382, 1.834662, 3.142786, 4.354013, 5.193796,
6.162777, 6.921812, 7.374004, 7.567800, 7.745446, 7.890793, 7.793895,
7.632398, 7.325555, 6.776465, 5.968981, 4.790054, 3.191235, 2.367602,
1.770063, 1.124076, 0.494238, 0.348891];
x8h=[7.292367, 9.181880, 10.215460, 11.200591, 12.234170, 13.235451,
14.317480, 16.320040, 17.321321, 18.080356];
y8h=[0.203544, 2.529098, 2.125356, 2.625996, 7.519351, 1.430920,
7.083309, 1.140226, 1.188675, 0.365041];
x8i=[7.276217, 8.212899, 9.165730, 11.394387, 14.269031, 15.544856,
15.738652, 16.384639, 16.836830, 17.079076, 17.418219, 17.789662];

```

```

y8i=[0.203544, 0.445789, 1.673165, 1.737764, 7.583949, 5.209946,
4.967701, 3.336583, 1.737764, 0.865681, 0.494238, 0.365041];
x8j=[7.373116, 8.132151, 8.697390, 9.214180, 9.811718, 10.376957,
10.829148, 11.200591, 11.394387, 11.862728, 12.282619, 12.621763,
13.090104, 13.590744, 13.849139, 14.317480, 14.785820, 15.173413,
15.528706, 15.900149, 16.271591, 16.465388, 16.739932];
y8j=[0.348891, 0.881831, 1.285573, 1.479369, 1.334022, 1.269423,
1.269423, 1.269423, 1.689315, 1.818512, 1.883111, 1.818512, 1.689315,
1.511668, 1.253273, 1.156375, 1.237124, 1.237124, 1.107926, 0.930280,
0.768783, 0.623436, 0.494238];
figure
plot(x8a,y8a);hold on; grid on
plot(x8b,y8b);hold on; grid on
plot(x8b,y8c);hold on; grid on
plot(x8b,y8d);hold on; grid on
plot(x8e,y8e);hold on; grid on
plot(x8f,y8f);hold on; grid on
plot(x8g,y8g);hold on; grid on
plot(x8h,y8h);hold on; grid on
plot(x8i,y8i);hold on; grid on
plot(x8j,y8j);hold on; grid on
ylim([0 10]);ylabel('Solar Irradiation(W/m^2)x100');

%% fig 9
x9a=.1*[0.386520, 61.606654, 71.944618, 85.836258, 97.951060,
106.996779, 118.626989, 127.672708, 143.502716, 152.548435, 161.755685,
173.385895, 182.108552, 208.438056, 218.452959, 223.783472, 238.805827];
y9a=[27.107351, 22.907553, 25.330513, 27.915004, 30.014903, 31.145618,
32.437864, 33.245517, 33.568578, 34.214701, 33.568578, 33.568578,
33.245517, 28.399596, 27.268881, 27.107351, 25.815105];
x9b=.1*[0.386520, 30.108168, 60.637469, 77.436662, 88.259218, 99.243306,
113.781068, 127.511177, 139.141387, 154.002211, 168.055382, 176.616509,
187.923658, 195.677131, 202.461420, 212.799385, 221.683573, 230.729292,
238.482765];
y9b=[20.323061, 17.577040, 18.384693, 22.907553, 26.299697, 28.399596,
30.822557, 32.276333, 32.760925, 33.083986, 32.760925, 32.114802,
31.791741, 29.530311, 28.076535, 26.622759, 25.007452, 24.199798,
23.715206];
y9c=y9b+2; y9d= y9c+1;
x9e=.1*[0.871112, 29.785106, 61.283592, 76.144416, 85.028604, 93.105139,
104.089226, 111.035046, 118.303928, 124.926686, 135.103120, 143.341186,
152.225374, 160.463439, 173.708956, 184.046921, 210.699486, 225.075718,
232.990722, 238.805827];
y9e=[15.477141, 13.054180, 13.861834, 16.769386, 17.900101, 19.676939,
20.646123, 22.261430, 23.392145, 24.199798, 25.653574, 26.299697,
27.430412, 27.268881, 26.945820, 26.299697, 22.099899, 20.323061,
18.869285, 18.707754];
y9f=y9e-1;
x9g=.1*[0.548051, 43.192154, 53.368588, 67.421759, 77.275131, 86.643911,
96.658814, 105.058411, 117.173213, 129.288015, 141.079756, 152.709966,
161.594154, 167.409259, 178.231816, 185.339166, 192.284986, 199.553868,
208.761117, 216.353060, 220.068266, 226.367963, 232.667660, 237.836642];
y9g=[10.308158, 8.531321, 8.531321, 8.531321, 8.531321, 9.177443,
10.308158, 11.115812, 13.054180, 13.700303, 14.669487, 16.607855,
15.638671, 14.507956, 13.054180, 10.954281, 10.146628, 10.469689,
10.469689, 10.146628, 10.308158, 9.823566, 9.338974, 8.208259];
y9h=y9g-1*rand(1);
y9i=y9h-1*rand(1);y9j=y9i-1.5*rand(1);

```

```

figure
plot(x9a,y9a);hold on; grid on
plot(x9b,y9b);hold on; grid on
plot(x9b,y9c);hold on; grid on
plot(x9b,y9d);hold on; grid on
plot(x9e,y9e);hold on; grid on
plot(x9e,y9f);hold on; grid on
plot(x9g,y9g);hold on; grid on
plot(x9g,y9h);hold on; grid on
plot(x9g,y9i);hold on; grid on
plot(x9g,y9j);hold on; grid on
ylim([0 40 ])
xlabel('TIME(hours) ');ylabel('Temperature(C) ')

%% fig 10
% x10a=[0.060880, 5.622230, 6.107232, 6.656900, 7.174235, 7.707737,
8.192738, 8.661573, 9.211241, 9.680076, 10.229744, 14.837259, 15.354594,
15.871929, 16.324597, 16.890432, 17.375433, 17.876602, 18.393937,
18.927438, 19.412440];
% y10a=[0.051326, 0.115993, 0.164494, 0.487828, 0.875829, 1.441664,
2.104500, 2.783502, 3.640338, 4.254673, 4.416340, 4.319340, 3.381670,
2.815835, 2.282333, 1.781165, 1.247664, 0.714162, 0.245327, 0.115993,
0.035160];
% x10b=[0.012379, 0.497381, 2.000886, 3.019389, 3.536724, 4.054059,
4.587560, 5.622230, 6.107232, 6.689233, 7.158068, 8.176571, 8.742407,
9.275908, 10.245911, 10.714746, 11.215914, 11.717082, 12.299084,
12.784086, 13.285254, 14.303757, 16.292263, 16.373097, 16.874265,
17.359267, 17.876602, 18.410103, 18.911271, 19.913608, 20.463276,
20.980611, 21.497946, 21.966781, 22.467949, 23.939120];
% y10b=[0.261494, 0.390828, 0.293827, 0.520161, 0.374661, 0.293827,
0.374661, 0.277661, 0.665662, 2.201500, 2.896669, 2.945169, 2.993669,
3.397837, 3.284670, 0.600995, 0.487828, 0.309994, 0.390828, 0.390828,
2.848169, 0.455494, 0.439328, 0.568661, 0.503995, 0.794995, 0.681828,
0.633328, 0.697995, 0.665662, 0.730329, 0.600995, 0.778829, 0.584828,
0.374661, 0.423161];
% figure
% stairs(x10a,y10a,'r');hold on;stairs(x10b,y10b,'k');hold on;grid on
% ylabel('kW');legend('PV generation','Total appliances demand')
%
%% fig 11
% x11a=[0.125675, 5.719299, 6.204295, 6.721624, 7.238953, 7.772449,
8.273612, 8.742442, 9.275938, 9.744767, 10.294430, 14.869561, 15.354557,
15.871887, 16.340716, 16.922712, 17.423875, 17.876538, 18.361534,
18.927363, 19.444692, 23.922824];
% y11a=[0.057689, 0.106189, 0.170855, 0.494186, 0.866017, 1.448012,
2.078507, 2.789835, 3.646662, 4.309490, 4.390323, 4.325656, 3.404164,
2.822168, 2.256339, 1.755176, 1.286347, 0.720518, 0.251688, 0.170855,
0.057689, 0.057689];
% x11b=[0.141842, 0.643005, 1.079501, 2.097993, 3.132652, 3.649981,
4.151144, 4.668473, 5.703132, 6.188128, 6.737791, 7.190454, 7.723950,
8.273612, 8.774775, 9.243605, 9.728601, 10.278263, 10.795593, 11.264422,
11.781752, 12.315248, 12.784077, 14.869561, 15.839554, 16.405383,
16.922712, 17.407708, 17.876538, 18.911197, 19.929689, 20.447018,
20.964347, 21.465510, 21.999006, 22.467836, 23.922824];
% y11b=[0.316354, 0.445686, 0.348687, 0.316354, 0.526519, 0.413353,
0.300188, 0.413353, 0.267854, 0.720518, 2.224006, 2.886834, 5.780645,
5.861478, 6.006977, 0.510353, 0.478020, 0.332521, 0.639685, 0.461853,
0.364854, 0.478020, 0.413353, 2.870668, 0.445686, 0.558852, 0.461853,

```

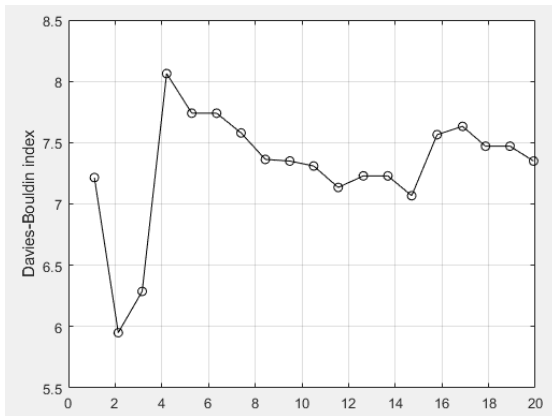
```

0.866017, 0.720518, 0.769017, 0.672018, 0.769017, 0.639685, 0.817517,
0.575019, 0.381020, 0.397187];
% figure
% sh1=stairs(x11a,y11a,'r');hold on;
% sh2=stairs(x11b,y11b,'k');hold on;grid on
% x11sh = [sh1.XData(1),repelem(sh1.XData(2:end),2)];
% y11sh = [repelem(sh1.YData(1:end-1),2),sh1.YData(end)];
%
% % Fill area
% fill([x11sh,flip1r(x11sh)], [y11sh,0*ones(size(y11sh))], [.5 .5 .5])
% x11sh2 = [sh2.XData(1),repelem(sh2.XData(2:end),2)];
% y11sh2 = [repelem(sh2.YData(1:end-1),2),sh2.YData(end)];
% % plot(x,y,'y:') %should match stair plot
% % Fill area
% fill([x11sh2,flip1r(x11sh2)], [y11sh2,0*ones(size(y11sh2))], [1 1 1])
% stairs(x11a,y11a,'r','linewidth',1)
% ylabel('kW');legend('PV generation','Total appliances demand')

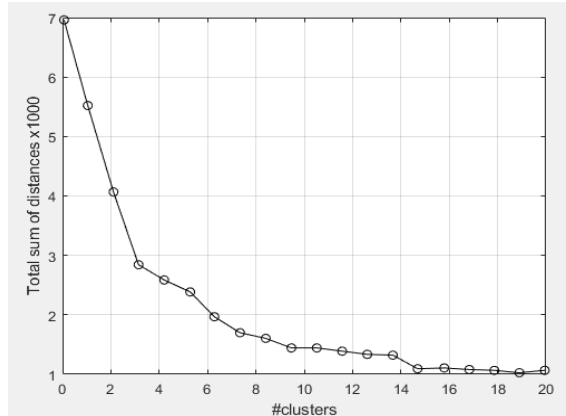
% %% fig 12
% x12a=[0.093342, 9.227438, 9.696268, 10.229764, 10.714760, 11.232089,
11.781752, 12.282914, 13.301407, 13.851069, 14.271399, 14.788728,
15.354557, 15.807221, 16.324550, 16.874212, 17.359209, 17.876538,
23.938991];
% y12a=[0.027682, 0.140848, 0.852176, 1.094674, 3.632821, 3.810653,
3.923818, 3.842986, 1.515004, 1.466504, 3.826819, 3.745986, 2.856827,
2.258665, 1.692836, 1.256339, 0.448012, 0.011515, 0.027682];
% x12b=[0.077176, 0.578338, 2.065660, 3.051819, 3.569149, 4.102644,
4.636140, 5.638466, 6.139629, 6.640791, 7.158121, 7.675450, 8.208946,
8.661609, 9.178938, 18.361534, 18.862697, 19.363860, 19.897356,
20.398518, 20.948181, 21.433177, 21.918173, 22.435503, 23.906658];
% y12b=[0.254014, 0.367179, 0.237847, 0.431845, 0.351013, 0.237847,
0.318680, 0.189347, 0.593511, 1.725169, 1.983833, 1.482671, 0.933008,
0.254014, 0.076182, 0.415679, 0.642011, 0.722843, 0.577344, 0.658177,
0.561178, 0.706677, 0.496512, 0.351013, 0.367179];
% figure
% aux12a=stairs(x12a,y12a,'r');hold on; grid on;
% aux12b=stairs(x12b,y12b,'b');hold on; grid on;
% x12sha = [aux12a.XData(1),repelem(aux12a.XData(2:end),2)];
% y12sha = [repelem(aux12a.YData(1:end-1),2),aux12a.YData(end)];
% fill([x12sha,flip1r(x12sha)], [y12sha,0*ones(size(y12sha))], [1 0
0], 'facealpha', .5)
% x12shb = [aux12b.XData(1),repelem(aux12b.XData(2:end),2)];
% y12shb = [repelem(aux12b.YData(1:end-1),2),aux12b.YData(end)];
% fill([x12shb,flip1r(x12shb)], [y12shb,0*ones(size(y12shb))], [0 0
1], 'facealpha', .5)
% legend('Home-to-grid','Grid-to-home')

```

Anexo 8. Gráficas de la simulación del sistema fotovoltaico y sistema híbrido realizadas en Matlab.

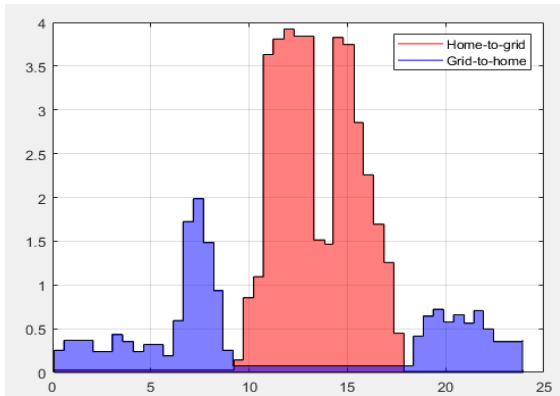


Grafica (a).

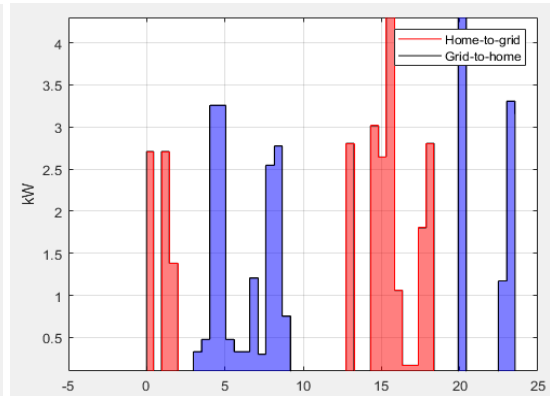


Grafica (b).

Valor de las métricas utilizadas para evaluar diferentes números de agrupamientos para eventos de interrupción de la red.

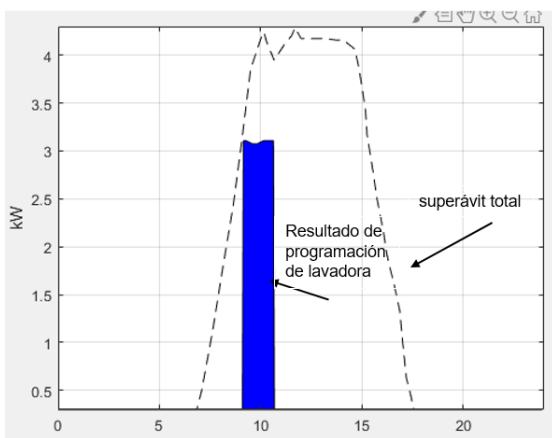


Grafica (c).

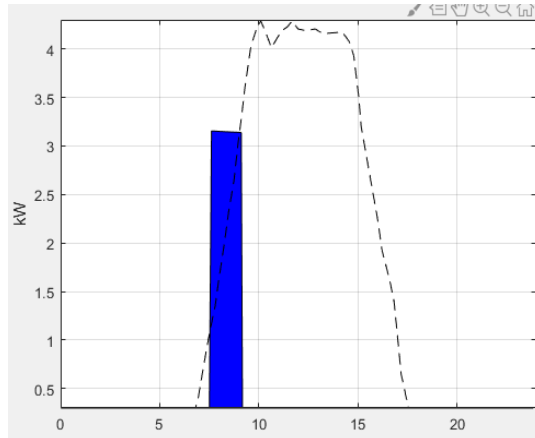


Grafica (d).

Resultados de la programación de PV para un día típico si cortes con trafica de red RTP (grafica a) y TOU (grafica b).

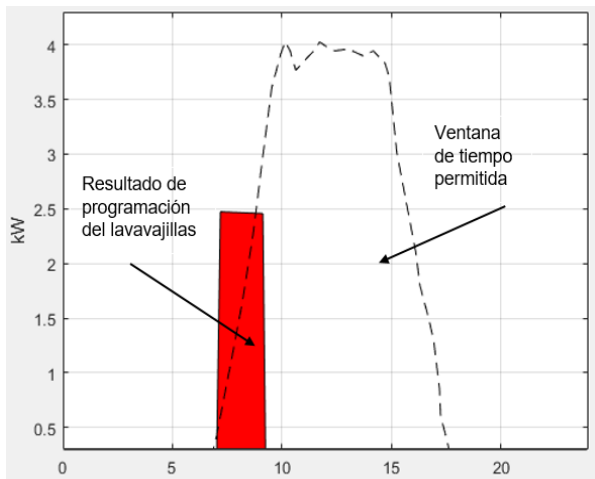


Grafica (e).

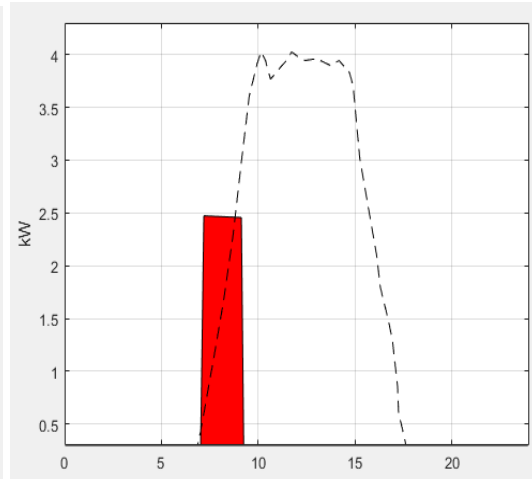


Grafica (f).

Resultados de la programación de dispositivos diferibles para un día típico sin cortes de red con tarifa RTP (grafica e) y TOU (grafica f).

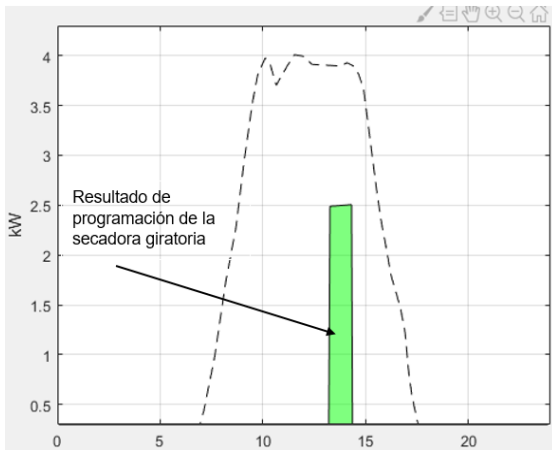


Grafica (g).

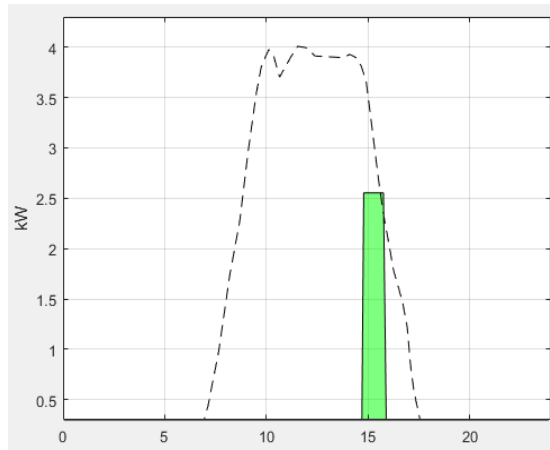


Grafica (h).

Resultados de la programación de dispositivos diferibles para un día típico sin cortes de red con tarifa RTP (grafica g) y TOU (grafica h)

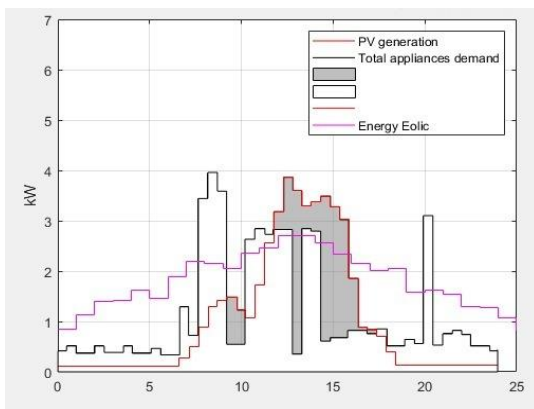


Grafica (i).

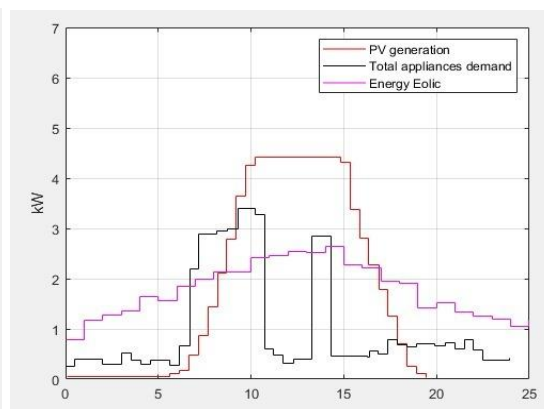


Grafica (j).

Resultados de la programación de dispositivos diferibles para un día típico sin cortes de red con tarifa RTP (grafica i) y TOU (grafica j)

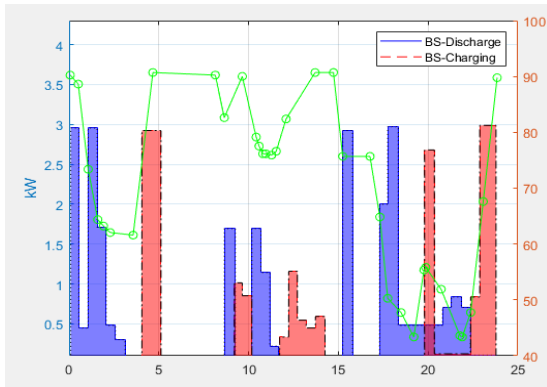


Grafica (k).

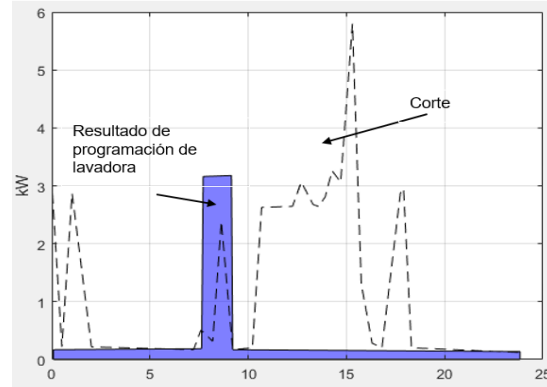


Grafica (l).

Resultados de la generación y demanda de energía de un sistema fotovoltaico y eólico, con tarifa RTP (grafica k) y TOU (grafica l)



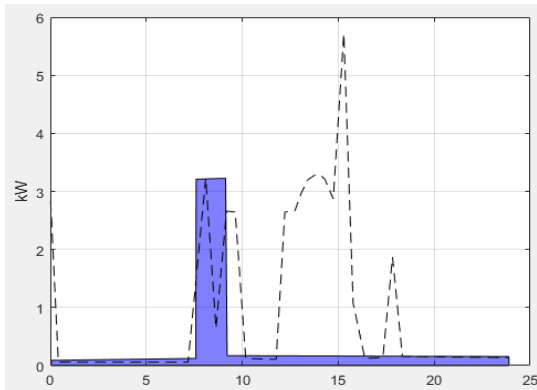
Grafica (m).



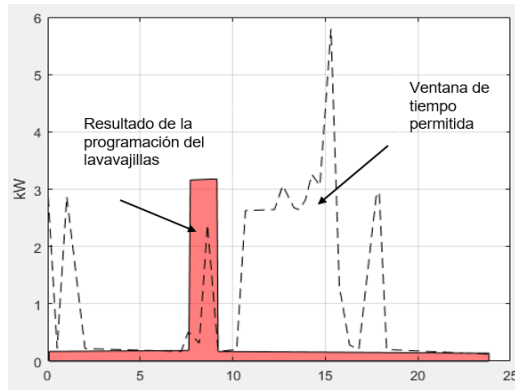
Grafica (n).

-Resultados de la programación de PV-BS para un día típico sin cortes de red (indicado por el área sombreada de rojo) considerando baterías de iones de litio con tarifa RTP (grafica m).

-Resultados de la programación de dispositivos diferibles para un día típico con corte (Indicado por el área sombreada en azul) de red con tarifa RTP (grafica n)

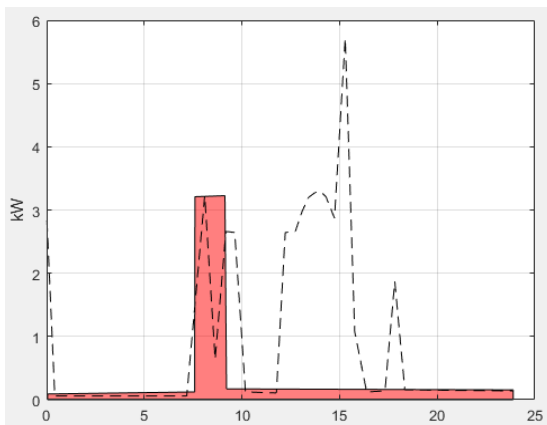


Grafica (ñ).

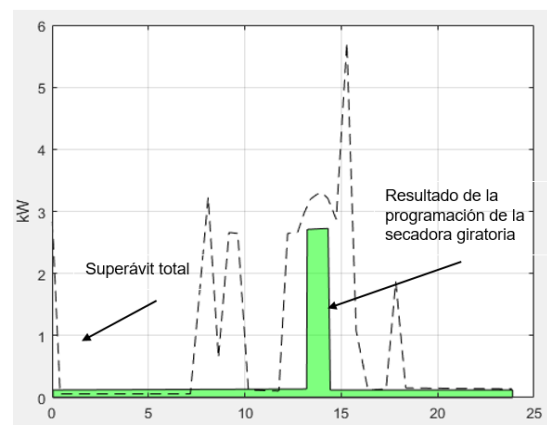


Grafica (o).

Resultados de la programación de dispositivos diferibles para un día típico con corte (Indicado por el área sombreada en rojo) de red con tarifa TOU (grafica ñ) y RTP (grafica o).

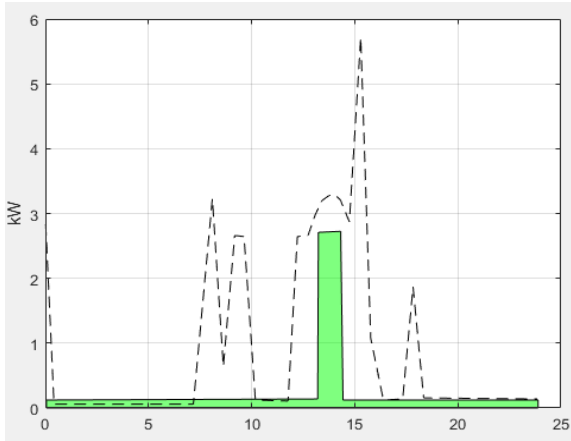


Grafica (p).

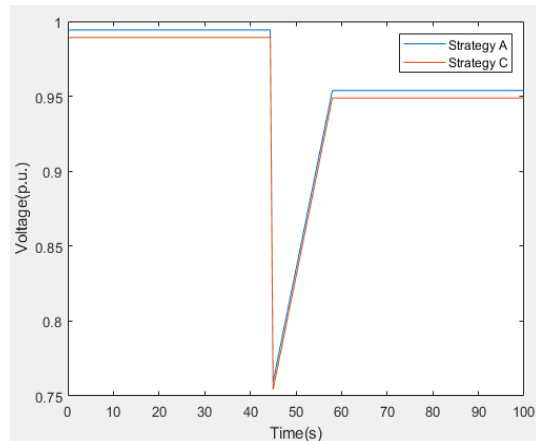


Grafica (q).

Resultados de la programación de dispositivos diferibles para un día típico con corte (Indicado por el área sombreada en rojo) de red con tarifa TOU (grafica p) y RTP (grafica q).



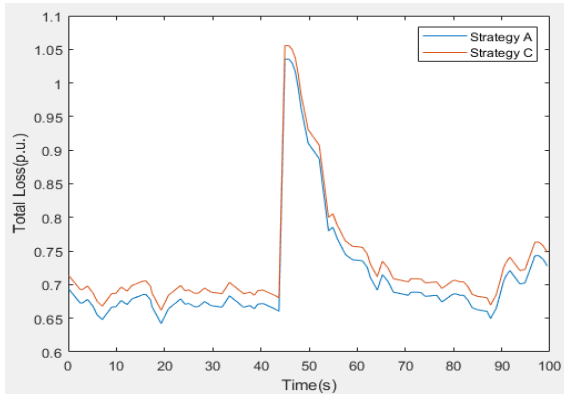
Grafica (r).



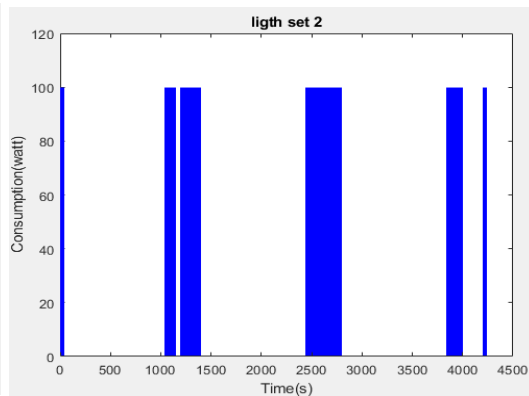
Grafica (s).

-Resultados de la programación de dispositivos diferibles para un día típico con corte (Indicado por el área sombreada en rojo) de red con tarifa OUT (grafica r).

-Voltaje del bus de MT bajo Falla de Bajo Voltaje (grafica s).



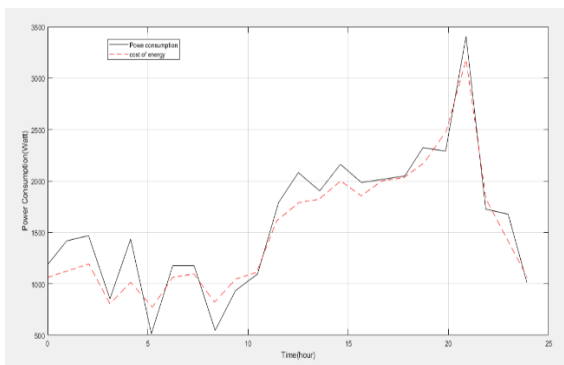
Grafica (t).



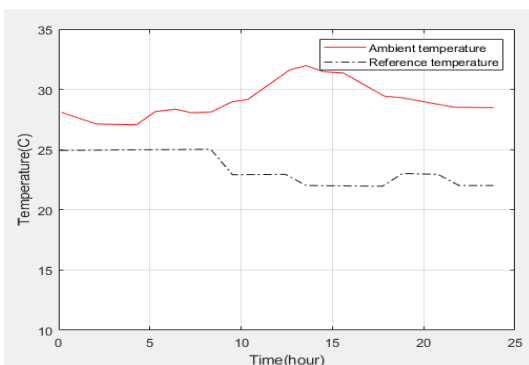
Grafica (u).

-Pérdidas totales de WF bajo falla de bajo voltaje (grafica t)

-Tasa de consumo de energía y la duración del uso en una luminaria (grafica u)



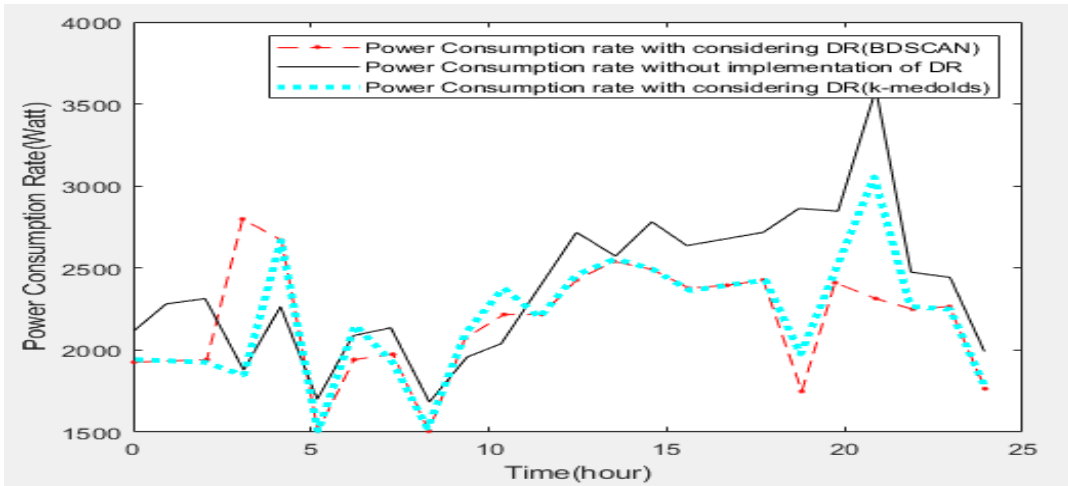
Grafica (v).



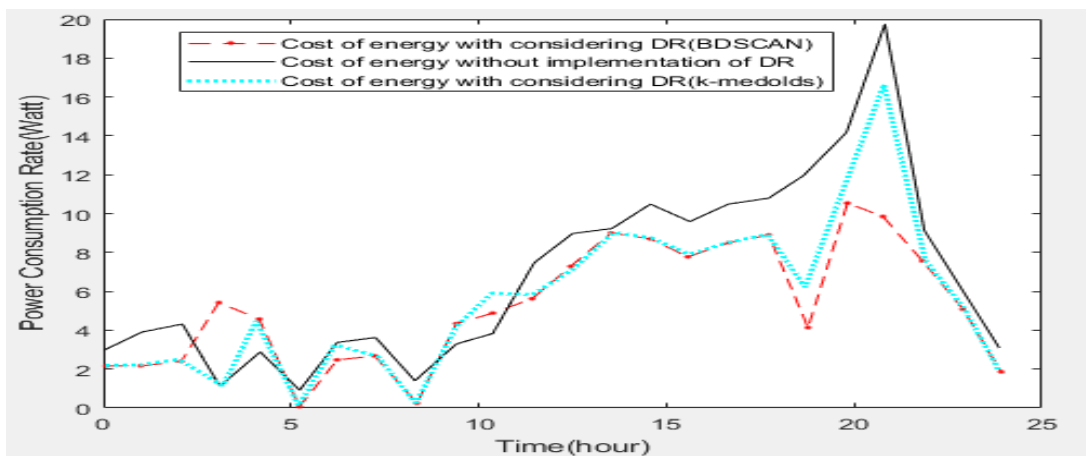
Grafica (w).

-Tasa de consumos de energía y costo de energías sin programar DR y métodos de agrupación de minería de datos. (grafica v).

-Temperatura ambiente y de referencia (grafica w).

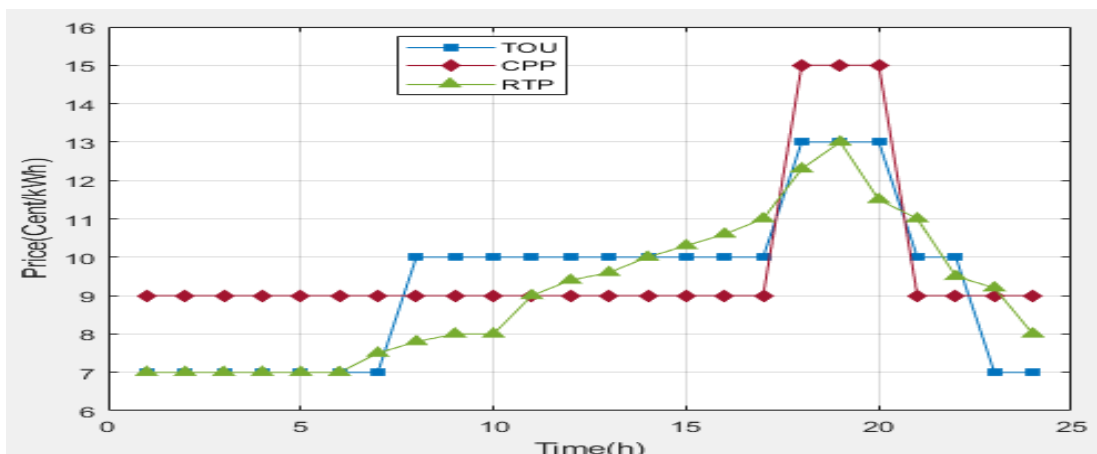


Grafica (x)



Grafica (y)

-Comparación de (x) tasa de consumo de energía entre diferentes métodos de datos junto con el programa DR (y) costo de energía entre diferentes métodos de minería de datos junto con el programa DR.



Grafica (z)

Precio de la electricidad en las distintas tarifas.

Anexo 9. Características técnicas del aerogenerador marca: HISSUMA/SOLAR

Item	600W	1000W	1500W
Diámetro de Pala	2.4m	2.8m	3m
Material de las palas	Fibra de vidrio reforzada	Fibra de vidrio reforzada	Fibra de vidrio reforzada
Velocidad normal del rotor	400r/min	360r/min	360r/min
Velocidad de viento normal	8m/s	8m/s	8m/s
Potencia Normal	600W	1000W	1500W
Máxima potencia	720w	1200w	1700w
Max torque de arranque (n/m)	≈ 0.3	≈ 0.4	≈ 0.4
Voltaje de salida	24V	48V	48V
Velocidad de viento de arranque	2.5(m/s)	2.5(m/s)	2.5(m/s)
Velocidad de viento de trabajo	3-25(m/s)	3-25(m/s)	3-25(m/s)
Velocidad de viento de seguridad	50(m/s)	50(m/s)	50(m/s)
Altura de torre y lingas provistas	6(m)	6(m)	6(m)
Tipo de generador	Trifásico AC PM, fundición de acero	Trifásico AC PM, fundición de acero	Trifásico AC PM, fundición de acero
Peso del equipo	44kg	55kg	58kg
Banco de baterías sugerido	4pcs 12v88ah 4 pcs 6V 250Ah	8 pcs 12v105Ahh (4 serie + 2 paralelo) 8 pcs 6V 250Ah (8 serie)	8 pcs 12v105Ahh (4 serie + 2 paralelo) 8 pcs 6V 250Ah (8 serie)
Vida sugerida del equipo	>15 años	>15 years	>15 años
Sistema de control de salida	Controlador Solar-Eólico tipo PWM	Controlador Solar-Eólico tipo PWM	Controlador Solar-Eólico tipo PWM
Panel solar acepado por el controlador	1 paneles de 24V 200w en serie (200W) 2 paneles de 12V 100W en serie (200W)	48v200w--400w 4 paneles de 12V 100W en serie (400W)	2 paneles de 24V 200w en serie (400W) 4 paneles de 12V 100W en serie (400W)
Clase de la aislación	B	B	B
Material of enclosure	20# tubo sin costura	20# tubo sin costura	20# tubo sin costura
Tipo de magneto	neodymium-iron-boron 38sh	neodymium-iron-boron 38sh	neodymium-iron-boron 38sh
Material del stator	QZY-2/180/470	QZY-2/180/470	QZY-2/180/470
Prevensión de la corrosión	Pintura zincada	Pintura zincada	Pintura zincada
Forma de las aspas	3 FRP	3 FRP	3 FRP
Protección contra sobre velocidad	Mecanismo de protección electromagnética eje de protección de cola contra presión del viento	Mecanismo de protección electromagnética eje de protección de cola contra presión del viento	Mecanismo de protección electromagnética eje de protección de cola contra presión del viento
Carga soportada (ejemplo) varía de acuerdo a viento disponible	Heladera, lavarropas, bomba de agua, cocina eléctrica, TV, iluminación, ventilador eléctrico, cargadores de celulares, notebooks.		

Anexo 10. Curvas de rendimiento del aerogenerador de marca: HISSUMA/SOLAR



Anexo 11. Embalaje del aerogenerador de Marca: HISSUMA/SOLAR

Embalaje

Modelo	Dimensión mm ³	Volumen	Peso	Cantidad	
300W	Generador y palas	1420×500×360=0.2556m ³	0.36m ³	77	3
	Mástil	3000×130×130=0.0507m ³		20	
		3000×130×130=0.0507m ³		20	
600W	Generador y palas	1420×500×360=0.2556m ³	0.36m ³	88	3
	Mástil	3000×130×130=0.0507m ³		20	
		3000×130×130=0.0507m ³		20	
1000W	Generador y palas	1700×560×380=0.3618m ³	0.46m ³	105	3
	Mástil	3000×130×130=0.0507m ³		20	
		3000×130×130=0.0507m ³		20	
1.500W	Generador y palas	1800×560×380=0.3618m ³	0.5m ³	120	3
	Mástil	3000×130×130=0.0507m ³		20	
		3000×130×130=0.0507m ³		20	



Anexo 12. Características técnicas de la batería: HISSUMA/SOLAR



HISSUMA SOLAR

LPGS SERIES-TRUE Hybrid GEL Battery

LPGS12-200(12V200AH)

Specification	
Nominal Voltage	12V
Nominal Capacity(10HR)	200.0AH
Dimensions	Length 522 ± 3mm (20.55 inches)
	Width 240 ± 3mm (9.45 inches)
	Container Height 218 ± 3mm (8.58 inches)
	Total Height (with Terminal) 224 ± 3mm (8.81 inches)
Approx Weight	Approx 60.4 kg (133.2lbs)
Terminal	T11
Container Material	ABS
Rated Capacity	206.0 AH/10.3A (20hr, 1.80V/cell, 25°C/77°F)
	200.0 AH/20.0A (10hr, 1.80V/cell, 25°C/77°F)
	170.0 AH/34.0A (5hr, 1.75V/cell, 25°C/77°F)
	147.6 AH/49.2A (3hr, 1.75V/cell, 25°C/77°F)
	119.4 AH/119.4A (1hr, 1.60V/cell, 25°C/77°F)
Max. Discharge Current	2000A (5s)
Internal Resistance	Approx 2.9mΩ
Operating Temp. Range	Discharge : -15~50°C (5~122°F)
	Charge : 0~40°C (32~104°F)
	Storage : -15~40°C (5~104°F)
Nominal Operating Temp. Range	25 ± 3°C (77 ± 5°F)
Cycle Use	Initial Charging Current less than 60.0A. Voltage 14.4V~15.0V at 25°C(77°F)Temp. Coefficient -30mV/°C
Standby Use	No limit on Initial Charging Current Voltage 13.5V~13.8V at 25°C(77°F)Temp. Coefficient -20mV/°C
Capacity affected by Temperature	40°C (104°F) 103%
	25°C (77°F) 100%
	0°C (32°F) 86%
Self Discharge	Leoch LPGS series batteries may be stored for up to 9 months at 25°C(77°F) and then a freshening charge is required. For higher temperatures the time interval will be shorter.



Applications

- ◆ All purpose
- ◆ Uninterruptable Power Supply (UPS)
- ◆ Electric Power System (EPS)
- ◆ Emergency backup power supply
- ◆ Emergency light
- ◆ Railway signal
- ◆ Aircraft signal
- ◆ Alarm and security system
- ◆ Electronic apparatus and equipment
- ◆ Communication power supply
- ◆ DC power supply
- ◆ Auto control system

Constant Current Discharge (Amperes) at 25 °C (77°F)

F.V/Time	5min	10min	15min	20min	30min	45min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h
1.85V/cell	322.4	253.5	215.6	180.3	142.5	108.2	89.5	56.9	44.2	36.4	30.9	26.9	21.9	18.6	10.0
1.80V/cell	426.5	319.2	256.7	210.0	164.0	122.8	99.6	61.9	47.5	38.7	33.2	28.9	23.4	20.0	10.3
1.75V/cell	490.8	358.0	286.1	230.6	174.8	129.9	105.4	64.8	49.2	40.0	34.0	29.7	23.8	20.2	10.4
1.70V/cell	546.8	394.7	309.1	245.2	184.4	136.4	110.0	68.0	50.9	41.2	34.9	30.3	24.1	20.3	10.6
1.65V/cell	597.2	421.9	325.5	258.0	193.1	140.5	113.9	69.9	52.8	42.4	35.7	31.0	24.5	20.5	10.7
1.60V/cell	664.0	461.8	350.9	277.1	205.2	148.5	119.4	72.5	54.7	43.4	36.4	31.6	24.8	20.8	10.8

Constant Power Discharge (Watts/cell) at 25 °C (77°F)

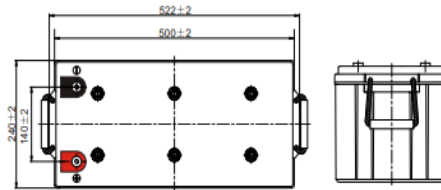
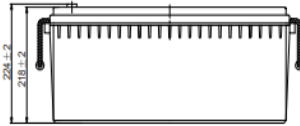
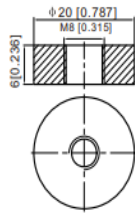
F.V/Time	5min	10min	15min	20min	30min	45min	1h	2h	3h	4h	5h	6h	8h	10h	20h
1.85V/cell	594.1	471.9	405.4	342.5	273.0	209.0	173.5	110.9	86.5	71.3	60.7	53.1	43.4	36.9	19.9
1.80V/cell	778.1	587.6	476.5	393.4	310.4	235.3	192.0	119.9	92.4	75.6	65.0	56.8	46.1	39.7	20.5
1.75V/cell	875.6	647.9	524.3	427.5	328.0	246.8	202.1	125.2	95.5	77.9	66.4	58.2	46.8	40.0	20.6
1.70V/cell	947.0	697.2	557.6	450.4	343.5	257.7	210.1	130.9	98.5	80.0	68.0	59.3	47.4	40.2	21.0
1.65V/cell	1017.5	736.9	581.5	469.4	356.5	263.3	216.1	133.7	101.7	82.1	69.4	60.4	48.0	40.5	21.2
1.60V/cell	1105.2	788.1	616.6	498.6	375.7	276.6	225.4	138.0	104.8	83.7	70.5	61.5	48.5	41.1	21.3

Anexo 13. Dimensiones y curvas de rendimiento de la batería: HISSUMA/SOLAR

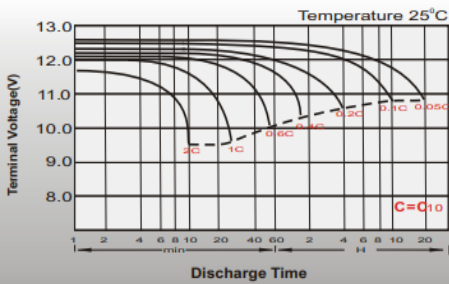
Dimensions

T11 Terminal

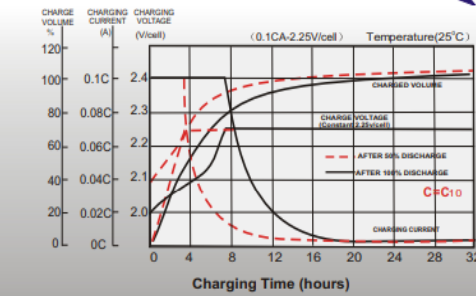
Unit: mm [inches]



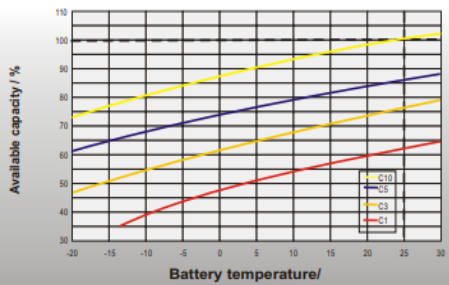
Discharge Characteristics



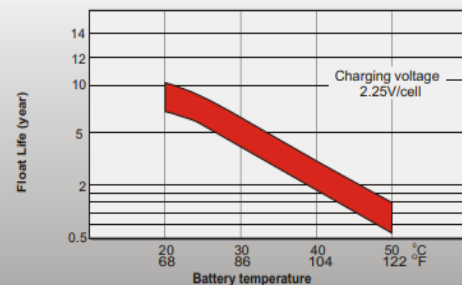
Float Charging Characteristics



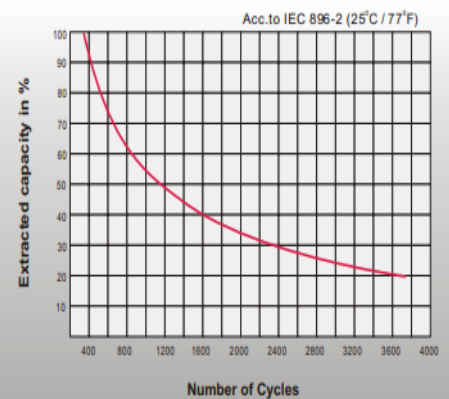
Temperature Effects in Relation to Battery Capacity



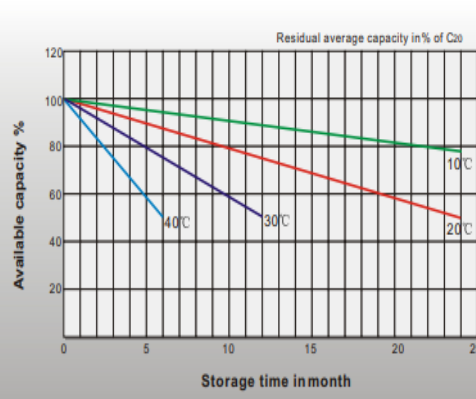
Effect of Temperature on Long Term Float Life



Cycle Life in Relation to Depth of Discharge



General Relation of Capacity VS. Storage Time



Anexo 14. Características técnicas del regulador/inversor marca Growatt SPH 3000

Datasheet	SPH3000	SPH3600	SPH4000	SPH4600	SPH5000	SPH6000
DC Input data						
Max. recommended PV power	6600W	6600W	6600W	8000W	8000W	8000W
Start voltage	150V	150V	150V	150V	150V	150V
Max. PV voltage	550V	550V	550V	550V	550V	550V
PV voltage range	120V-550V	120V-550V	120V-550V	120V-550V	120V-550V	120V-550V
MPPF voltage range/ nominal voltage	150V-550V /360V	150V-550V /360V	150V-550V /360V	150V-550V /360V	150V-550V /360V	150V-550V /360V
Max. input current of tracker A/B	12A/12A	12A/12A	12A/12A	12A/12A	12A/12A	12A/12A
Number of MPP trackers / strings per MPP tracker	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1
AC Output						
Rated AC output power	3000W	3680W	4000W	4600W	4999W	6000W
Max. AC apparent power	3000VA	3680VA	4000VA	4600VA	5000VA	6000VA
Max. output current	16A	16A	22A	22A	22A	27A
Nominal AC output voltage	230V	230V	230V	230V	230V	230V
Nominal grid frequency	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz
Power factor at rated power	1	1	1	1	1	1
Displacement power factor	0.8leading... 0.8lagging	0.8leading... 0.8lagging	0.8leading... 0.8lagging	0.8leading... 0.8lagging	0.8leading... 0.8lagging	0.8leading... 0.8lagging
THDI	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%
AC output power(Backup)						
Max. output power	3000W	3000W	3000W	3000W	3000W	3000W
Rated AC output voltage	230Vac	230Vac	230Vac	230Vac	230Vac	230Vac
Rated AC output frequency	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz
Automatic switchover time	<0.5s	<0.5s	<0.5s	<0.5s	<0.5s	<0.5s
Battery data						
Battery voltage range	42~59V	42~59V	42~59V	42~59V	42~59V	42~59V
Max. charging voltage	58V	58V	58V	58V	58V	58V
Max charging and discharging current	66A	66A	66A	66A	66A	66A
Max charging and discharging power	3000W	3000W	3000W	3000W	3000W	3000W
Battery type	Lithium/Lead-acid	Lithium/Lead-acid	Lithium/Lead-acid	Lithium/Lead-acid	Lithium/Lead-acid	Lithium/Lead-acid
Capacity of battery	50~2000AH	50~2000AH	50~2000AH	50~2000AH	50~2000AH	50~2000AH
Efficiency						
Max. efficiency	97.5%	97.5%	97.5%	97.6%	97.6%	97.7%
Euro European efficiency	97.0%	97.0%	97.0%	97.1%	97.1%	97.1%
MPPF efficiency	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%
Protection devices						
DC switch	yes	yes	yes	yes	yes	yes
DC reverse polarity protection	yes	yes	yes	yes	yes	yes
Battery reverse protection	yes	yes	yes	yes	yes	yes
Output over current protection	yes	yes	yes	yes	yes	yes
Output over voltage protection	yes	yes	yes	yes	yes	yes
Ground fault monitoring	yes	yes	yes	yes	yes	yes
Grid monitoring	yes	yes	yes	yes	yes	yes
Integrated all - pole sensitive leakage	yes	yes	yes	yes	yes	yes
General Data						
Dimensions (W / H / D) in mm	547/516/170	547/516/170	547/516/170	547/516/170	547/516/170	547/516/170
Weight	27KG	27KG	27KG	27KG	27KG	27KG
Operating temperature range	-25°C ... +60°C	-25°C ... +60°C	-25°C ... +60°C	-25°C ... +60°C	-25°C ... +60°C	-25°C ... +60°C
Noise emission (typical)	< 25 dB(A)	< 25 dB(A)	< 25 dB(A)	< 25 dB(A)	< 25 dB(A)	< 25 dB(A)
Altitude	2000m	2000m	2000m	2000m	2000m	2000m
Self-Consumption	< 3 W	< 3 W	< 3 W	< 3 W	< 3 W	< 3 W
Topology	transformerless	transformerless	transformerless	transformerless	transformerless	transformerless
Cooling concept	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural
Environmental Protection Rating	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65
Relative humidity	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Features						
DC connection	MC4(H)(opt)	MC4(H)(opt)	MC4(H)(opt)	MC4(H)(opt)	MC4(H)(opt)	MC4(H)(opt)
Interface:RS232/USB/CAN/RF/Wi-Fi	yes/yes/yes/opt/opt	yes/yes/yes/opt/opt	yes/yes/yes/opt/opt	yes/yes/yes/opt/opt	yes/yes/yes/opt/opt	yes/yes/yes/opt/opt
Display	LCD	LCD	LCD	LCD	LCD	LCD
Warranty: 5 years / 10 years	yes /opt	yes /opt	yes /opt	yes /opt	yes /opt	yes /opt

Anexo 15. Planos del diseño en 2D y 3D del interior y exterior de la residencia en San Cristóbal del cantón Paute.



Grafica (a) Diseño en 2 D primera planta



Grafica (b) Diseño en 3 D primera planta



Grafica (c) Diseño en 2 D segunda planta

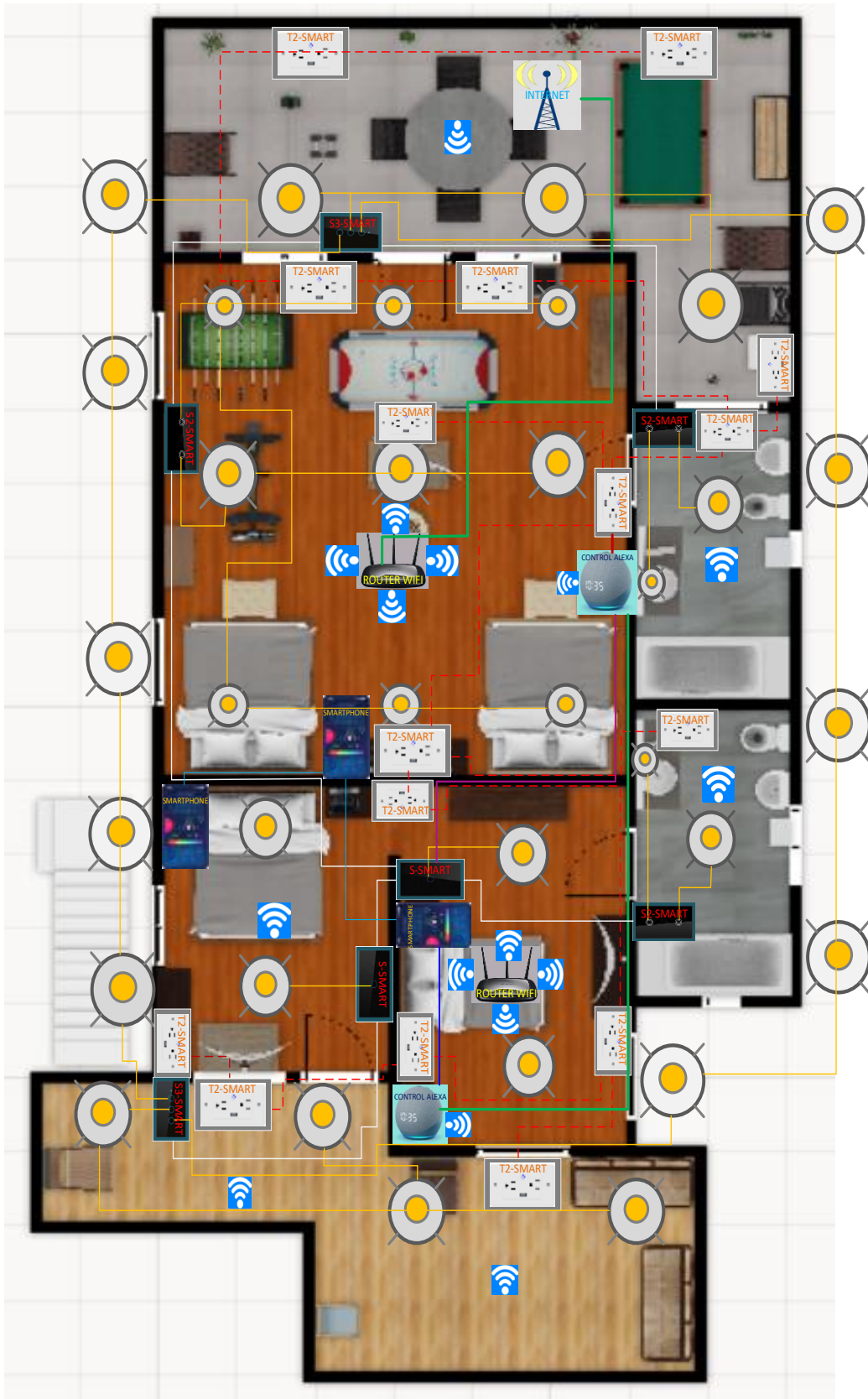


Grafica (d) Diseño en 3 D segunda planta

Anexo 16. Diseño de un sistema Smart Home en el sector San Cristóbal del cantón Paute.



Grafica (a) Diseño Smart Home primera planta



Grafica (b) Diseño Smart Home segunda planta

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Nosotros, Wiliam Rodrigo Cabrera Merchán y Israel Sebastián Villa García portadores de las cédulas de ciudadanía N.º 0105003826 y N.º 0106565195. En calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “Diseño e implementación de un sistema solar fotovoltaico para una residencia que incluye sistemas Smart Home en el cantón paute, sector San Cristóbal” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconocemos a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Así mismo; autorizamos a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 18 de Julio de 2022



F:

Wiliam Rodrigo Cabrera Merchán
0105003826



F:

Israel Sebastián Villa García
0106565195