



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE ELECTRICIDAD

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE PANELES FOTOVOLTAICOS BAJO
LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE GUAYAQUIL**

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

AUTORES: MARIELA DEL ROSARIO HERRERA VAZQUEZ

BLUD DAVID FRANCO PEREZ

TUTOR: Lic. JUAN CARLOS LATA, PhD.

Guayaquil-Ecuador

2022

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUDITORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Blud David Franco Pérez**, con documento de identificación N° **0950508184** y **Mariela del Rosario Herrera Vázquez**, con documento de identificación N° **0923710966**; manifestamos que:

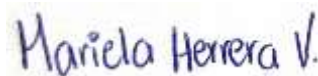
Somos los autores y responsables del presente trabajo; y autorizamos a que sin fines de lucro la universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 09 de septiembre del 2022

Atentamente,



Nombre: Blud Franco Pérez
0950508184



Nombre: Mariela Herrera Vázquez
0923710966

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

Nosotros, **Blud David Franco Pérez** con documento de identidad No. **0950508184** y **Mariela del Rosario Herrera Vázquez** con documento de identificación No. **0923710966**, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: “**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE PANELES FOTOVOLTAICOS BAJO LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE GUAYAQUIL**”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniería en Electricidad, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

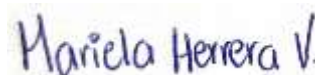
Guayaquil, 09 de septiembre del 2022

Atentamente,



Nombre: Blud Franco Pérez

0950508184



Nombre: Mariela Herrera Vázquez

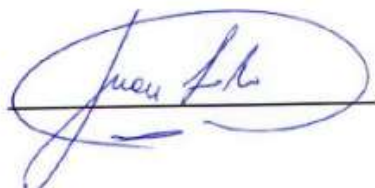
0923710966

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Lic. Juan Carlos Lata, PhD**, con documento de identificación N° 0301791893, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE PANELES FOTOVOLTAICOS BAJO LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE GUAYAQUIL”** realizado por, Blud David Franco Pérez, con documento de identificación N° 09505018184 y Mariela del Rosario Herrera Vázquez, con documento de identificación N° 0923710966 obteniendo como resultado final del trabajo de titulación bajo la opción de proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 09 de septiembre del 2022

Atentamente,



Lic. Juan Carlos Lara, PhD.

0301791893

DEDICATORIA

Dedico el proyecto realizado a mis padres, que se esforzaron para que no me falte alimento ni educación durante mis días de infancia y que hasta la presente velan por mi bienestar.

Blud Franco

AGRADECIMIENTO

Agradezco la suerte de tener una familia, a mi madre que todas las noches me esperaba con un plato de comida luego de largos días de trabajo y de clases, a mis amigos que me motivaron a iniciar la carrera y que me dieron su soporte en el trayecto de la misma y por ultimo me quiero agradecer por no rendirme, por todos los esfuerzos que hice, por los días que no descanse y seguí trabajando.

Blud Franco

DEDICATORIA

Éste trabajo de titulación se lo dedico a mi madre por haberme apoyado económica y emocionalmente durante toda la carrera, también a mi papá por haberme apoyado cuando estuve muy enferma de salud, a mi hermana por haberme impulsado a estudiar ésta carrera.

Mariela Herrera

AGRADECIMIENTO

Principalmente agradezco a mi madre, también a mis compañeros Xavier Parrales, Jair Navarrete, Guillermo Pacho por haberme brindado seguridad y confianza durante la carrera, a mi laptop por soportar las diferentes actividades que demandaban gran peso. Adicional agradezco a mi compañero de tesis Blud Franco por su gran apoyo durante el desarrollo de ésta tesis, fue un gusto trabajar contigo, te aprecio bastante.

Finalmente me agradezco a mí misma por ser fuerte y valiente en los momentos más complicados de mi vida.

Mariela Herrera

RESUMEN

El presente trabajo de titulación trata del uso de las energías renovables, en este caso el sistema fotovoltaico, el cual es considerado como la mejor opción para aprovechar la energía solar en nuestro entorno. Siendo un sistema de generación de energía no perjudicial para el ecosistema, ya que no produce gases nocivos, ruido, quema de combustibles, emisión de dióxido de carbono, entre otros provocados al generar electricidad.

A su vez por ser un sistema óptimo en la absorción de energía solar, se vuelve provechoso para el consumidor y los estudiantes de la carrera de Electricidad. Evitando el elevado costo de mantenimiento o reparación, por el simple hecho de fácil adquisición de los componentes de instalación, motivo por el cual se vuelve complicado con otras centrales de generación de electricidad.

En la parte experimental se utilizaron dos paneles uno de 150 W y otro de 85 W, expuestos a las condiciones ambientales de Guayaquil con una irradiación teórica de 707 W/m². Los resultados obtenidos en una de las condiciones muestran que cuando el clima está seco la potencia de salida es de 16 W mientras que en el escenario de lluvia la potencia es de 14,5 W. En otros escenarios se prueba el funcionamiento del panel y las principales características se detallan en el documento. Estas pruebas se las realizaron con un módulo didáctico de 835mm x 880 mm que constan de 8 paneles.

Palabras claves: energía renovable, irradiación, panel fotovoltaico, ambientales, mantenimiento.

ABSTRACT

This degree work deals with the use of renewable energies, in this case the photovoltaic system, which is considered the best option to take advantage of solar energy in our environment. Being an energy generation system not harmful to the ecosystem, since it does not produce harmful gases, noise, burning of fuels, emission of carbon dioxide, among others caused by generating electricity.

In turn, because it is an optimal system in the absorption of solar energy, it becomes profitable for the consumer and the students of the Electricity career. Avoiding the high cost of maintenance or repair, by the simple fact of easy acquisition of the installation components, which is why it becomes complicated with other electricity generation plants.

In the experimental part, two panels were used, one of 150 W and the other of 85 W, exposed to the environmental conditions of Guayaquil with a theoretical irradiation of 707 W/m². The results obtained in one of the conditions show that when the climate is dry, the output power is 16 W, while in the rainy scenario the power is 14.5 W. In other scenarios, the operation of the panel and the main characteristics are detailed in the document. These tests were carried out with a 835mm x 880mm didactic module consisting of 8 panels.

Keywords: renewable energy, irradiation, photovoltaic panel, environmental, maintenance.

INDICE GENERAL

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUDITORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	i
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	ii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
INDICE GENERAL	viii
INDICE DE ILUSTRACIONES	xi
ÍNDICE DE ECUACIONES	xiii
ACRÓNIMOS	xiv
CAPITULO I.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. ANTECEDENTES	2
1.3. PROBLEMA DE ESTUDIO	2
1.4. JUSTIFICACIÓN	3
1.5. DELIMITACIÓN	3
1.6. BENEFICIARIOS.....	4
1.6.1. BENEFICIARIOS PRINCIPALES.....	4
1.6.2. BENEFICIARIO SECUNDARIO	4
1.7. OBJETIVOS	4
1.7.1. OBJETIVOS GENERAL.....	4
1.7.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
CAPITULO 2	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. FUNDAMENTOS DE ENERGÍAS RENOVABLES.....	5
2.2. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	6
2.3. RADIACIÓN SOLAR.....	7

2.4.	SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO	8
2.5.	SISTEMA FOTOVOLTAICO DE CONEXIÓN DE RED	9
2.6.	SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO (AISLADO)	9
2.7.	COMPONENTES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO	10
2.7.1.	PANELES FOTOVOLTAICOS	10
2.7.2.	CONTROLADORES	12
2.7.3.	INVERSORES	15
2.7.4.	BATERÍA.....	16
2.8.	TIPOS DE BATERÍAS.....	18
2.8.1.	BATERÍAS DE CICLO LIGERO.....	18
2.8.2.	BATERÍAS DE CICLO PROFUNDO.....	19
2.9.	ELECCIÓN DE DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN	19
2.10.	SELECCIÓN DE CABLEADO Y LÍNEAS DE CONEXIÓN RÁPIDA....	20
2.11.	CONDICIONES AMBIENTALES.....	20
2.11.1.	INFLUENCIA DE LA LLUVIA EN LOS PANELES FOTOVOLTAICOS	22
2.11.2.	TIPOS DE PRECIPITACIÓN	23
2.11.3.	INTERACCIÓN DE LA LLUVIA CON LA SUPERFICIE DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	24
2.11.4.	INFLUENCIA DE SOMBRA EN PANELES SOLARES	24
2.11.5.	INFLUENCIA DE POLVO EN PANELES SOLARES	26
	CAPITULO 3	28
3.	METODOLOGÍA.....	28
3.1.	METODOLOGÍA Y MEDIOS	28
3.2.	DEFINICIÓN DEL OBJETIVO	29
3.3.	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA.....	30
3.5.	ESQUEMA DE CONEXIÓN.....	33
3.6.	SIMULACIÓN EN EL PROGRAMA PVsyst.....	34
	CAPITULO 4	47
4.	PRUEBAS Y RESULTADOS	47
4.1.	PRUEBAS EN UN PANEL DE 150 W Y 85 W	47
4.2.	PRUEBA CON PRESENCIA DE LLUVIA	50
4.3.	PRUEBA CON PRESENCIA DE SUCIEDAD.....	52
4.4.	PRUEBA CON PRESENCIA DE SOMBRA	54

CAPITULO 5	57
5.1. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	57
5.2. PRESUPUESTO	59
CAPITULO 6	60
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
6.1. CONCLUSIONES	60
6.2. RECOMENDACIONES	60
7. CAPITULO	61
7.1. BIBLIOGRAFÍA	61
ANEXO	65

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración No. 1: Niveles de Radiación en Guayaquil	3
Ilustración No. 2: Tipos de fuentes de energía en Ecuador	6
Ilustración No. 3: Energía solar fotovoltaica	7
Ilustración No. 4: Tipos de Radiación	8
Ilustración No. 5: Clasificación de los sistemas fotovoltaicos	8
Ilustración No. 6: SFCR sobre el tejado de las viviendas	9
Ilustración No. 7: Alimentadores automáticos solares	10
Ilustración No. 8: Celda monocristalino y policristalina	11
Ilustración No. 9: Controlador PWM de 12/24 V – 10A.....	14
Ilustración No. 10: Controlador MPPT 75/15	14
Ilustración No. 11: Inversor aislado Phoenix 12/250	16
Ilustración No. 12: Ciclo de Vida de las Baterías.....	17
Ilustración No. 13: Batería Ritar 12Vdc-40Ah.....	18
Ilustración No. 14: Breaker de protección DC	20
Ilustración No. 15: Afectación de sombra sobre los paneles solares.....	21
Ilustración No. 16: Afectación de sombra sobre los paneles solares.....	21
Ilustración No. 17: Afectación del clima sobre los paneles solares	22
Ilustración No. 18: Los paneles solares y la lluvia	23
Ilustración No. 19: Tipos de precipitaciones	23
Ilustración No. 20: Tipos de precipitaciones	24
Ilustración No. 21: Paneles solares afectados por sombras	25
Ilustración No. 22: Curvas I-V de una celda iluminada y sin iluminar	25
Ilustración No. 23: Efecto de sombrear progresivamente una celda	26
Ilustración No. 24: Panel con presencia de polvo	27
Ilustración No. 25: Conexión de módulos	29
Ilustración No. 26: Ubicación de la Universidad Politécnica Salesiana.....	30
Ilustración No. 27: Diseño en cartulina	30
Ilustración No. 28: Estructura del simulador	31
Ilustración No. 29: Vista delantera de los módulos independientes.....	31
Ilustración No. 30: Estructura fabricada.....	32
Ilustración No. 31: Modulos instalados en la estructura	32
Ilustración No. 32: Conexiones del equipo FV	33
Ilustración No. 33: Diagrama esquemático	33
Ilustración No. 34: Selección de tipo de sistema	34
Ilustración No. 35: Nombre del proyecto	35
Ilustración No. 36: Elección de sitio geográfico	35
Ilustración No. 37: Parámetros del sitio geográfico _ nuevo sitio.....	36
Ilustración No. 38: Selección de orientación.....	37
Ilustración No. 39: Uso diario de energía.....	37
Ilustración No. 40: Distribución de horas por carga.....	38
Ilustración No. 41: Selección de Batería	39
Ilustración No. 42: Selección de componentes fotovoltaicos.....	40
Ilustración No. 43: Diseño del sistema autónomo	40

Ilustración No. 44: Resumen de datos de la simulación.....	41
Ilustración No. 45: Información principal de la simulación.....	42
Ilustración No. 46: Parámetros generales Panel 85W	43
Ilustración No. 47: Detalles de cargas	43
Ilustración No. 48: Resultados principales _ Panel 85W	44
Ilustración No. 49: Aplicación Victron	49
Ilustración No. 50: Medición de los parámetros con multímetro	50
Ilustración No. 51: Simulación del efecto lluvia	50
Ilustración No. 52: Simulación de suciedad en la superficie del panel	52

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación No. 1: Capacidad del panel solar	11
Ecuación No. 2: Eficiencia Eléctrica	12
Ecuación No. 3: Numero de paneles	12
Ecuación No. 4: Corriente de entrada al controlador	13
Ecuación No. 5: Corriente de salida del controlador	13
Ecuación No. 6: Capacidad del banco de baterías	17

ACRÓNIMOS

FV: Sistema Fotovoltaico

V: Voltaje

I: Corriente

W: Watts o Vatios

A: Amperios

CC o DC: Corriente Continua o Corriente Directa

AC: Corriente Alterna

SFCR: Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red

kVA: Kilovoltio amperio

B0: Constante Solar

m-Si: Monocristalinos

p-Si: Policristalinos

MPPT: Maximum Power Point Tracking

PWM: Pulse Width Modulation

IMODSC: Corriente unitaria del módulo fotovoltaico en condiciones de cortocircuito

Np: Número de ramas en paralelo

E: Valor del consumo diario de la carga (Kwh)

HSP: Hora Solar Pico

Wp: Vatio Pico

Eu: Energía Instalada

Ec: Energía Consumida

PGFV: Potencia Generada

PMPP: Potencia pico del modulo

PAC: Potencia de cargas AC

PDC: Potencia de cargas DC

PD,max: Porcentaje máximo de descargas de batería

Fct: Factor de compensación térmica

CAPITULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

Las energías renovables cada vez se abren más paso en nuestro país, siendo el Ecuador rico en recursos naturales. La implementación de paneles solares se ha vuelto popular debido a la ubicación geográfica del país siendo un punto estratégico para aprovechar al máximo de éste recurso.[1]

La ciudad de Guayaquil cuenta con condiciones climáticas tales como verano, invierno y días con sombra o nublado, por lo que se cuestiona qué tan rentable sería la aplicación de un sistema fotovoltaico. Se realizará un análisis por medio de instrumentos de medición de los parámetros que reflejen la cantidad de energía a pesar del medio ambiente.

Hoy en día, existen varias ideas de generación de energía limpia o renovable, con la finalidad de reemplazar el suministro de energía eléctrica de la red. Como es el caso de las energías renovables con menor impacto como: hidroeléctricas, eólica, la bioenergía y la energía fotovoltaica, esta última vamos a conocer su rendimiento y adaptaciones a los diversos cambios climáticos.

Conforme a lo citado por R. Bhol, R. Dash, A. Pradhan & S. M Ali, la salida del sistema solar fotovoltaico se ve afectada principalmente por diferentes factores ambientales como el polvo, el color, la irradiación, el sombreado, etc. Porque en todos los casos, la potencia de salida y la eficiencia son más que condiciones afectadas. [2]

El presente proyecto radica en valorar el desempeño de dos paneles solares sometidos a la presencia de suciedad, agua o sombra sobre su superficie para obtener los diversos valores de operación y comparándolos para ofrecer una resolución de los resultados.

1.2. ANTECEDENTES

Con el fin de producir energía eléctrica limpia y aprovechar los recursos naturales con los que disponemos en nuestra locación, el uso de sistemas de sistemas fotovoltaicos (FV) se ha vuelto común en diferentes campos de la industria y en los hogares.

La Universidad Politécnica Salesiana dispone de pocos bancos simuladores FV, en donde sus estudiantes puedan realizar las prácticas de las materias correspondientes a energías renovables. Además no se dispone de un estudio del rendimiento de los sistemas FV bajo las condiciones climáticas que se presentan en la ciudad.

El sol como tal, genera energía solar que es muy esencial para el adecuado desarrollo de la vida en nuestro entorno. Las antiguas civilizaciones le otorgaban amplia importancia al sol, aprovechando su luz solar como hoy en día, para generación de electricidad.

En la actualidad todo es más sencillo, ya que existen paneles solares que producen electricidad a partir de la luz solar, que inciden sobre ellos, siendo la mejor inversión para ayudar a la conservación del planeta y disfrutar de una energía limpia.

Las energías renovables son fuente de energías limpias, competitivas e inagotables. Tienen gran diferencia de las energías no renovables, ya que no producen gases de efecto de invernadero ni emisiones contaminantes, dando resultado a una tendencia elevada en costes de combustibles fósiles.

1.3. PROBLEMA DE ESTUDIO

Los sistemas fotovoltaicos se han convertido en una opción viable para la generación de energía eléctrica en una actualidad donde se busca fuentes de energía limpia. Sin embargo su porcentaje de eficiencia es bajo, ya sea por limitaciones de diseño o climatológicas, las cuales varían según la localidad.[3]

Guayaquil, es una ciudad de la costa ecuatoriana con un alto nivel de radiación solar, y el uso de paneles solares es una opción viable para algunos sectores. Durante un año se puede obtener un valor total de 1515,9 kWh/m², como se visualiza en la ilustración 1.



PVsyst V7.2.0

Geographical Site		Situation	
UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA		Latitude	-2.22 °S
Ecuador		Longitude	-79.89 °W
		Altitude	8 m
		Time zone	UTC-5

Source: Meteonorm 8.0 (2010-2014), Sat=100%

Monthly Meteo Values

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year	
Horizontal global	134.0	122.4	147.8	150.5	144.3	117.3	122.5	124.6	126.7	98.7	93.3	133.7	1515.9	kWh/m ²
Horizontal diffuse	85.7	73.9	90.9	77.2	82.7	76.2	75.8	75.5	77.3	69.8	70.4	85.6	941.1	kWh/m ²
Extraterrestrial	319.3	295.5	326.6	302.7	293.1	271.6	284.3	301.4	308.4	324.9	310.0	315.2	3653.1	kWh/m ²
Clearness index	0.420	0.414	0.453	0.497	0.492	0.432	0.431	0.413	0.411	0.304	0.301	0.424	0.415	ratio
Ambient Temper.	26.6	26.5	27.0	26.7	26.4	24.8	24.4	24.1	24.1	24.5	24.7	26.5	25.5	°C
Wind Velocity	1.3	1.0	1.1	1.2	1.5	2.1	2.4	2.8	2.9	2.8	2.7	2.2	2.0	m/s

Ilustración No. 1: Niveles de Radiación en Guayaquil

Fuente: [Autor]

Sin embargo, la presencia de agua en los paneles a raíz de las lluvias de la época invernal, de suciedad o días de sombra, afectan a la generación de energía. Todos estos aspectos deben ser analizados para obtener una métrica de afectación y de esta forma tener en cuenta estos factores al diseñar los sistemas fotovoltaicos.

1.4. JUSTIFICACIÓN

La importancia de una evaluación de rendimiento de los paneles solares bajo las condiciones ambientales en la ciudad de Guayaquil es conocer el tipo de afectaciones que podría presentarse en el funcionamiento del sistema fotovoltaico ante distintas precipitaciones, de esta forma precaver posibles cortes de energía o potencia insuficiente.

1.5. DELIMITACIÓN

La implantación del proyecto se llevará a cabo en la Universidad Politécnica Salesiana campus Centenario de la ciudad de Guayaquil, específicamente en el laboratorio de Generación y las pruebas se realizarán en la terraza, dicho lugar es donde estará ubicado el panel solar. Se

pretende fabricar el módulo fotovoltaico entre los meses de Abril a Mayo del 2022, y se acumulara los resultados del estudio entre los meses de Junio a Septiembre del 2022. Por lo que la realización del proyecto se realizara dentro del tiempo estimado de seis meses.

1.6. BENEFICIARIOS

1.6.1. BENEFICIARIOS PRINCIPALES

A los estudiantes durante las clases de energía renovable, ya que, al realizar la construcción del banco de pruebas del sistema fotovoltaico destinado al laboratorio de generación, podrán comprender cómo reacciona el sistema bajo las condiciones ambientales de Guayaquil, permitiendo complementar sus conocimientos teóricos trasladándolo a lo práctico.

1.6.2. BENEFICIARIO SECUNDARIO

Las personas dedicadas a la investigación y empresas locales son favorecidas de este proyecto, el cual ofrece información teórica y experimental. Los resultados complementarán sus estudios investigativos, y las empresas pueden tener noción del factor climático para sus fichas técnicas o asesoramientos.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. OBJETIVOS GENERAL

Diseñar, implementar y simular el rendimiento de dos paneles solares sometidos a diversas condiciones ambientales en la ciudad de Guayaquil.

1.7.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseñar e implementar un banco de sistema fotovoltaico aislado para el laboratorio de energías renovables de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil.
- Analizar el funcionamiento y posibles fallas, sometiendo al panel solar a la presencia de agua, polvo y sombra.
- Simular a través del software PVsyst, el comportamiento del sistema a implementar.

CAPITULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. FUNDAMENTOS DE ENERGÍAS RENOVABLES

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

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

Entre el siglo XIX y XX durante el apogeo del desarrollo industrial, se generó la necesidad de fuentes de energía para las diversas fabricas que comenzaban a operar. Los combustibles de origen fósiles suplieron dicha demanda, la cual fue creciendo de la mano de los requerimientos de producción, adicional surgió un novedoso medio de transporte el cual se convertiría en el principal consumidor de combustible. [5]

El uso de derivados del petróleo durante los últimos siglos ha deteriorado el ecosistema, lo que ha producido la elevación de la temperatura del planeta, conocido como calentamiento global. Para reducir el uso combustible fósiles se han buscado nuevas fuentes de energías que disminuya la contaminación ambiental. [6]

Las energías renovables son aquellas que no se generan de la quema de combustibles fósiles, si no de recursos que obtenemos de la naturaleza, la forma de generar energía dependerá de la localidad. Entre las más comunes tenemos:

- Energía Eólica
- Energía Hidráulica
- Energía Fotovoltaica

En la ilustración 2, se adjunta una tabla de fuentes renovables del sistema nacional interconectado con sus respectivas potencias.

Tabla Nro. 1: Potencia nominal y efectiva a nivel nacional (MW)				
Tipo de Fuente	Tipo de Central	Tipo de Unidad	Potencia Nominal (MW)	Potencia Efectiva (MW)
No Renovable	Térmica	MCI	2.011,44	1.613,60
		Turbogás	921,85	775,55
		Turbovapor	461,87	431,74
Total No Renovable			3.395,15	2.820,89
Renovable	Hidráulica	Hidráulica	5.066,40	5.036,43
	Biomasa	Turbovapor	144,30	136,40
	Fotovoltaica	Fotovoltaica	27,63	26,74
	Eólica	Eólica	21,15	21,15
	Biogás	MCI	7,26	6,50
Total Renovable			5.266,74	5.227,22
Total general			8.661,90	8.048,11

Ilustración No. 2: Tipos de fuentes de energía en Ecuador

Fuente: [7]

2.2. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía solar es un tipo de energía renovable, obtenida a raíz de la radiación solar aplicada sobre paneles fotovoltaicos. Los paneles son componentes conformados por semiconductores que absorben la energía irradiada por el sol convirtiéndola en electricidad.

La obtención de este tipo de energía es amigable al medio ambiente ya que no genera gases contaminantes, otra característica importante de este sistema es su sencilla instalación y ensamblaje ya que no necesita de inmensas construcciones para generar energía.[8]

En la ilustración 3 se presenta un campo de varios paneles solares.



Ilustración No. 3: Energía solar fotovoltaica

Fuente:[8]

2.3. RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar es la energía irradiada por el sol, en forma de onda electromagnéticas se desplaza a través del espacio por diversas direcciones o ángulos, la irradiación a la cual está sometida la superficie del planeta en un plano normal al vector Sol -Tierra se la define con la constante solar $B_0 = 1367 \frac{W}{m^2}$. [9]

En base a la dirección de los rayos del sol la radiación puede ser de los siguientes tipos:

- Radiación directa: Ondas electromagnéticas emitidas por el sol en línea recta hacia la superficie de la tierra.
- Radiación difusa: es la cantidad de energía irradiada a la superficie, procedente de todos los lugares del cielo excepto del sol.
- Radiación del albedo: es la radiación que procede de la reflexión de la superficie.

En la ilustración 4, se puede observar de manera detallada los tipos de radiación y las direcciones con las que actúan sobre la superficie del panel.

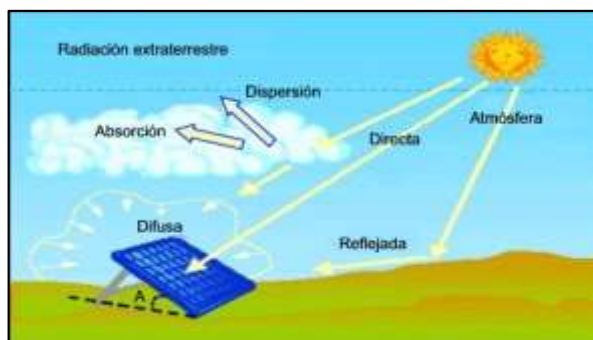


Ilustración No. 4: Tipos de Radiación

Fuente:[10]

2.4. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

Un sistema FV es una fuente de electricidad que utiliza la radiación solar para la producción de la energía, conformado por uno o más módulos fotovoltaicos que reciben las ondas electromagnéticas irradiadas por el sol convirtiéndolas en corriente continua.[11]

Tal como se muestra en la ilustración 5 los sistemas FV se clasifican en:

- **Sistemas FV conectados a red:**
- **Sistemas FV Autónomos (Aislados)**

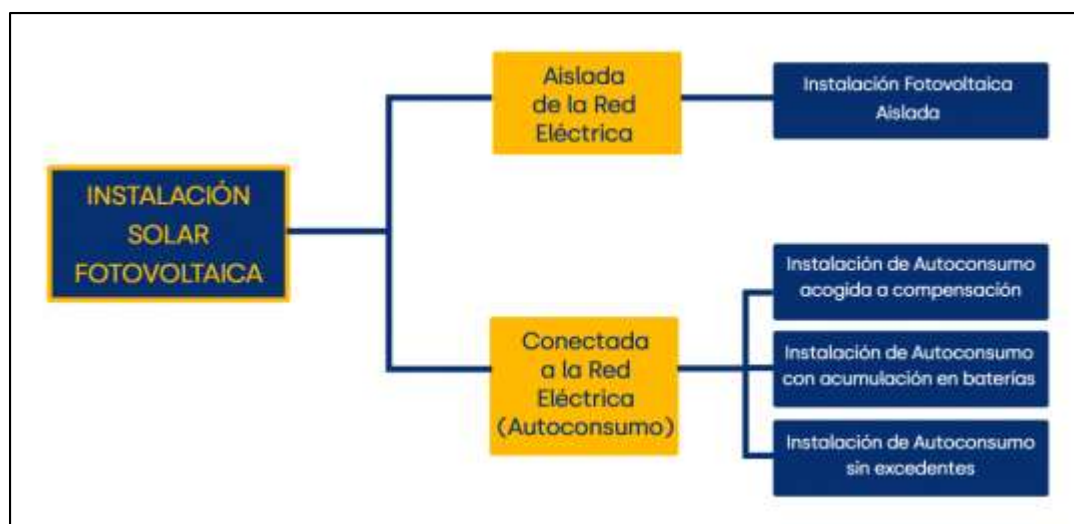


Ilustración No. 5: Clasificación de los sistemas fotovoltaicos

Fuente: [12]

En base a la carga se pueden encontrar otros componentes que se encargaran de mantener la tensión y suministrar el tipo de corriente adecuado, entre los cuales tenemos:

- Modulo Fotovoltaico (Panel)
- Regulador de voltaje
- Inversor de corriente
- Acumuladores de energía

2.5. SISTEMA FOTOVOLTAICO DE CONEXIÓN DE RED

Un sistema fotovoltaico conectado a red (SFCR) opera en conexión al sistema interconectado, si la potencia generada supera la carga, el excedente se aplicará a la red pública. La principal característica de estos sistemas es el ahorro al consumidor ya que la potencia necesaria es obtenida del SFCR, reduciendo el consumo de kVA de la red convencional, en la ilustración 6 se aprecian varios paneles instalados sobre las viviendas.



Ilustración No. 6: SFCR sobre el tejado de las viviendas

Fuente: [13]

2.6. SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO (AISLADO)

Un sistema fotovoltaico autónomo produce energía de forma independientemente y en ausencia de redes de distribución de eléctrica, normalmente estos sistemas se encuentran instalados en lugares remotos y que gozan de altos niveles de irradiación, por ejemplo: en islas, sectores rurales o en camaroneras. [14]

La ilustración 7 muestra un surtidor de alimentos para camaroneras, como se apreciar este equipo trabaja de manera autónoma , con un panel solar como fuente de energia.



Ilustración No. 7: Alimentadores automáticos solares

Fuente: [15]

2.7. COMPONENTES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

Una instalación fotovoltaica es conformada por distintos elementos, los cuales varían dependiendo de la configuración del sistema o la necesidad del cliente. Entre los cuales tenemos:

2.7.1. PANELES FOTOVOLTAICOS

Los paneles solares son superficies rectangulares de silicio, cuya función es absorber la energía de la radiación solar a la que son expuestos y convertirla en energía eléctrica. En el entorno encontramos principalmente dos tipos de paneles, los cuales se pueden visualizar en la ilustración 8:

- **Monocristalinos (m-Si):**

Los diseños Monocristalinos logran convertir la irradiación solar en energía eléctrica hasta con un 24,4% de eficiencia, se construyen de semillas de silicios que al ser sometidas al proceso Czochralski se forman lingotes de silicio monocristalino, los cuales son cortados en delgadas laminas.[16]

- **Policristalinos (p-Si):** Los paneles policristalinos se desarrollan por láminas de poli silicio, que se forman por pequeños cristales de silicio ubicados de forma aleatoria, su construcción utiliza menores valores de energía y por ende son amigables con el medio ambiente al reducir el efecto invernadero. Sin embargo a diferencia de las celda m-Si su eficiencia decae a un 19,9%. [16]



Ilustración No. 8: Celda monocristalino y policristalina

Fuente:[17]

Para el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico se deben tener en cuenta una serie de cálculos para la elección de los componentes y las capacidades de los mismos.

Como primer aspecto tenemos el cálculo de la capacidad del panel solar:[18]

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

Ecuación No. 1: Capacidad del panel solar

Donde:

E = Valor del consumo diario de la carga (Kwh)

HSP= Hora Solar Pico

Wp= Watio Pico

La eficiencia del sistema es un parámetro importante en la operación del sistema ya que nos permite saber que tan rentable es el proyecto, cuyo valor se obtiene con la siguiente ecuación:[18]

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

Ecuación No. 2: Eficiencia Eléctrica

Donde:

Eu= Energía Instalada

Ec= Energía Consumida

Para definir el número de paneles que se deben emplear en un sistema, se utiliza la siguiente ecuación:

$$Nt = \frac{PGFV}{PMPP}$$

Ecuación No. 3: Numero de paneles

Donde:

PGFV: Potencia Generada

PMPP: Potencia pico del modulo

En el análisis del proyecto se utilizaron dos paneles solares los cuales fueron expuestos a un ambiente nominal, lluvia y polvo.

2.7.2. CONTROLADORES

Los reguladores de carga cumplen la función de mantener la tensión del sistema y de la batería en los valores nominales de funcionamiento, s operación garantiza suministro de energía y reduce las fallas por sobrecarga y sobre descargas. Existen dos tipos de controladores:

- **MPPT (Maximum Power Point Tracking):** Estos reguladores aprovechan toda la tensión suministrada por el panel FV independizándola de la tensión de la batería. En base su funcionamiento se obtiene un aumento en la tensión del panel solar y un aumento de aproximadamente el 30% en comparación a los reguladores PWM.
- **PWM (Pulse Width Modulation):** Son regulador que tienen una operación simple, actuando como interruptores entre los paneles fotovoltaicos y la carga. En comparación a los reguladores MPPT su eficiencia es inferior, debido a que solo utiliza el voltaje requerido por la batería y desaprovechando el resultante.

El controlador de carga es el componente que se encarga de mantener la tensión ideal en el banco de batería, adicional debe ser capaz de manejar los diversos niveles de corriente a la salida del panel y a la recepción de la carga. Se debe considerar un el dimensionamiento del regulador a un 20% o 25% de la corriente máxima del sistema.[19].

Los cálculos que se deben realizar al momento de dimensionar un controlador son los siguientes:

$$I_{ent} = 1,25 \times I_{MODSC} \times N_p$$

Ecuación No. 4: Corriente de entrada al controlador

Donde:

I_{MODSC} : Corriente unitaria del módulo fotovoltaico en condiciones de cortocircuito

N_p : Número de ramas en paralelo

1,25: Factor de seguridad evitar daños ocasionadas por el controlador

$$I_{sal} = \frac{1,25 \times (P_{DC} + \frac{P_{AC}}{n_{inv}})}{V_{bat}}$$

Ecuación No. 5: Corriente de salida del controlador

Donde:

P_{AC} : Potencia de cargas AC

P_{DC} : Potencia de cargas DC

Para el diseño del proyecto se emplearon dos controladores para que el estudiante tenga más recursos al momento de realizar sus prácticas en el laboratorio.

La ilustración 9, presenta un controlador de tipo PWM de marca Victron Energy BlueSolarcon un rango de operación de 12/24 V – 10A.



Ilustración No. 9: Controlador PWM de 12/24 V – 10A

Fuente: [20]

En la ilustración 10 se muestra, un segundo controlador de tipo MPPT de marca Victron Energy SmartSolar 75/15, este módulo a diferencia del PWM tiene conexión a Bluetooth y a través de la aplicación del fabricante podemos monitorear los parámetros de funcionamiento del sistema.



Ilustración No. 10: Controlador MPPT 75/15

Fuente: [20]

2.7.3. INVERSORES

Los inversores fotovoltaicos son componentes electrónicos que convierten la energía CC suministrada por el sistema fotovoltaico en energía CA, asegurando que los niveles de frecuencia y de tensión estén dentro de los parámetros establecidos.

Es imprescindible una frecuencia constante a la salida del sistema, para garantizar:

La velocidad constante en la operación de los motores industriales o de electrodomésticos.

La operación de los transformadores es perceptible al cambio de frecuencia, llegando a sobrecargarse si se presentan cambios en la frecuencia.[21]

En los sistemas fotovoltaicos se pueden encontrar dos tipos de inversores:

- **Inversores Aislados:** Convierte la corriente CC suministrada por el sistema fotovoltaico en corriente AC con una tensión simétrica y frecuencia constante. Estos componentes son utilizados en locaciones aisladas donde no existe tendido eléctrico.[22]
- **Inversores Conectados a la Red:** Estos inversores permiten una conexión del sistema fotovoltaico o del sistema interconectado a la carga, su operación se basa en utilizar la energía suministrada por el sistema FV sin empleo de baterías, y realizar el cambio a la red eléctrica cuando la carga supere a la generación del sistema.

Para el dimensionamiento de inversor se deben tener en cuenta varios parámetros, tales como:

- Potencia de operación
- Voltaje de entrada
- Voltaje de salida
- Frecuencia

El parámetro que se debe calcular antes de escoger el inversor es la potencia del mismo, sin embargo se debe dimensionar con un 20% adicional para evitar daños por picos al arranque de ciertos componentes. La potencia del inversor se obtiene con la siguiente ecuación:

$$P_{inv} = 1,2 \times P_{AC}$$

Donde:

P_{inv} : Potencia del inversor

P_{AC} : Potencia de las cargas

Para el diseño del proyecto se empleó un inversor aislado de marca Victron Energy Phoenix Inverter con una tensión de entrada de 12V y 110V de salida, trabaja a una potencia de 250W, tal como se muestra la ilustración 11.



Ilustración No. 11: Inversor aislado Phoenix 12/250

Fuente: [20]

2.7.4. BATERÍA

Las baterías son componentes de almacenamiento de energía generada por el sistema fotovoltaico, su operación es crítica durante los horarios nocturnos o periodos de baja radiación.

Para un mejor rendimiento del sistema las baterías a emplearse deben descargarse de forma paulatina y cargarse intermitentemente. Durante el diseño se debe tener en cuenta que la descarga de las baterías o del banco de batería sea menor del 20% para garantizar un mayor ciclo de vida útil.[23]

En la ilustración 12 se presenta una gráfica entre los ciclos de carga y descarga vs el porcentaje de profundidad de descarga.

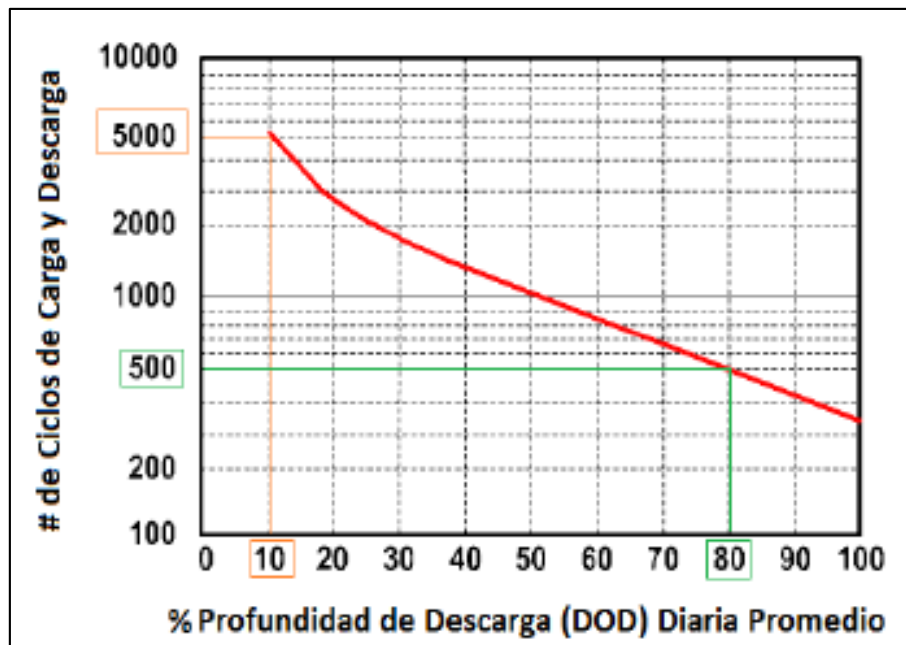


Ilustración No. 12: Ciclo de Vida de las Baterías

Fuente:[23]

Para el dimensionamiento del banco de acumuladores, se debe definir la tensión CC a la que trabajar el sistema, en el mercado podemos encontrar baterías de 12, 24, 48 VdC, estas baterías son de tipo descarga profunda ya deben ser capaces de descargarse a bajos niveles sin afectar a su funcionamiento, el valor máximo permitido de descarga varía entre 60% o 70% de su capacidad nominal.

Este tipo de baterías son plenamente utilizadas en sistemas fotovoltaicos, aplicaciones de telecomunicación, internet, o en sistemas de alimentación interrumpida.

Para definir la capacidad del banco de baterías se emplea la siguiente ecuación:[24]

$$Cne (Ah) = \frac{Lmd \times N}{Vbat \times PD, \max \times Fct}$$

Ecuación No. 6: Capacidad del banco de baterías

Siendo:

Vbat: Voltaje nominal del sistema

N: Números de días de autonomía

PD,max: Porcentaje máximo de descargas de batería

Fct: Factor de compensación térmica

Para el desarrollo del proyecto se empleara un batería de marca Ritar de tipo plomo-acido de 12Vdc de 40Ah, como se muestra en la ilustración 13.



Ilustración No. 13: Batería Ritar 12Vdc-40Ah

Fuente: [Ritar]

2.8. TIPOS DE BATERÍAS

2.8.1. BATERÍAS DE CICLO LIGERO.

Este tipo de baterías son empleadas en su mayoría en el sector automotriz, se pueden encontrar de 12v o 24v con altos valores de arranque en frio. Su función principalmente es otorgar una alta corriente inicial para permitir el arranque de motores o maquinas, luego del arranque un alternador suministra carga al acumulador, manteniendo la carga del mismo y asegurando su operación para posteriores arranques, la vida útil de estos componente ronda el año y medio de operación.[25]

2.8.2. BATERÍAS DE CICLO PROFUNDO.

Hechas para ser manejadas con una mayor duración de tiempo, poseen un alto valor económico, sin embargo son las más óptimas para sistemas aislados. [25]

La energía fotovoltaica hace uso de las siguientes baterías a nivel de ciclo profundo:

- **Baterías de plomo ácido:** En una solución de ácido sulfúrico se encuentran placas elaboradas de plomo, poseen un menor valor económico y generalmente son las más usadas. [25]
- **Baterías Níquel Cadmio:** Se forman a través de Níquel (Positivo) y Cadmio (negativo), posee un alto valor económico en relación con las baterías de plomo y ácido. [25]

2.9. ELECCIÓN DE DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

Protección con Breaker DC en el sistema fotovoltaico

- Según la revista waterheatertime los térmicos de AC son aptos para extinguir el arco de apertura con voltajes más altos, por la propia singularidad de la intensidad alterna. La corriente alterna pasa por cero 100 veces por segundo (50/60Hz), y eso lo "sirve" el magneto térmico para extinguir el arco, de una forma fácil.
- La intensidad continua produce un arco constante el cual no se interrumpe, por lo que es más sencillo extinguirlo. Precisamente esa es la diferencia entre los magnetotérmicos AC de los DC, y no el mecanismo térmico-mecánico de apertura por excedencia de intensidad.
- En la intensidad alterna existe un paso natural del voltaje a cero con cada medio ciclo que la corriente conmuta de dirección 60 veces por segundo.
- Con DC, el voltaje es constante. La DC no oscila como la forma de onda de CA. No hay paso a cero voltios con DC.
- Los electrones de DC tienen impulso, la corriente continua tuesta relés y contactos más rápido que AC porque AC cambia de dirección 60 veces por segundo a diferencia en corriente continua, que es un flujo constante, en la ilustración 14 se presenta un breaker DC.



Ilustración No. 14: Breaker de protección DC

Fuente: [Google]

2.10. SELECCIÓN DE CABLEADO Y LÍNEAS DE CONEXIÓN RÁPIDA

- La corriente que debe soportar la sección longitudinal del cableado debe ser inmejorable al flujo de intensidad real del sistema.
- El voltaje máximo que se procrea en el cable cuando atraviese la corriente debe ser menor. Cuando existe una instalación de sistemas fotovoltaica con conexión a la red se debe de tener en cuenta la caída de voltaje en corriente directa.
- La longitud del conductor es de suma importancia, al momento de corroborar pérdidas generales y presupuesto.
- Para este caso, el fabricante de los elementos eléctricos del panel solar sugiere cable #10 AWG.

2.11. CONDICIONES AMBIENTALES

La energía que se obtiene del sol depende de:

- Sitio.
- Posición del panel.
- Intersección del panel hacia el sol.
- Horario del sol.
- Temple de panel.
- Agentes externos que pueden ocasionar suciedad. [26]

Como se muestra en las ilustraciones 15 y 16, la salida de una celda se acorta cuando tiene sombra sea a través de cualquier factor que lo pueda ocasionar como un árbol o alguna estructura. La salida es menor de forma proporcional a la cantidad de sombra. [26]

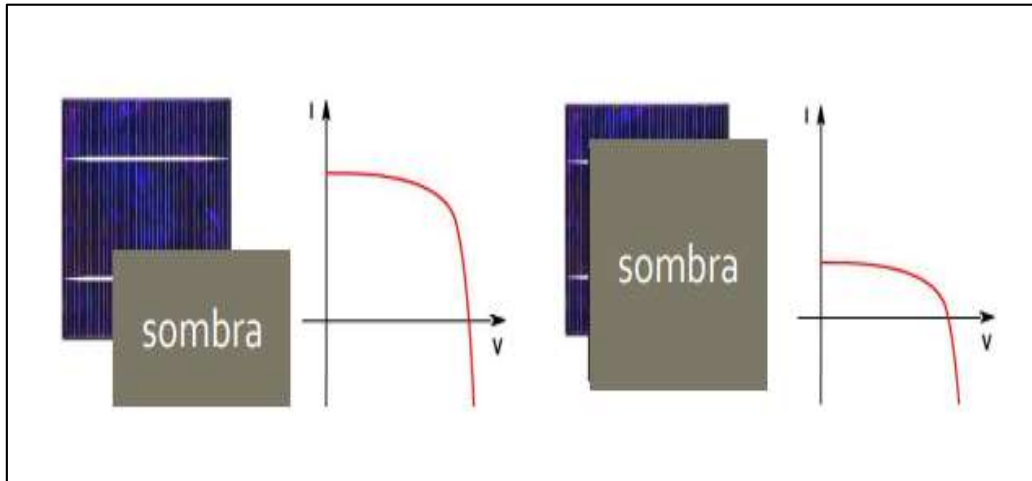


Ilustración No. 15: Afectación de sombra sobre los paneles solares

Fuente:[19]

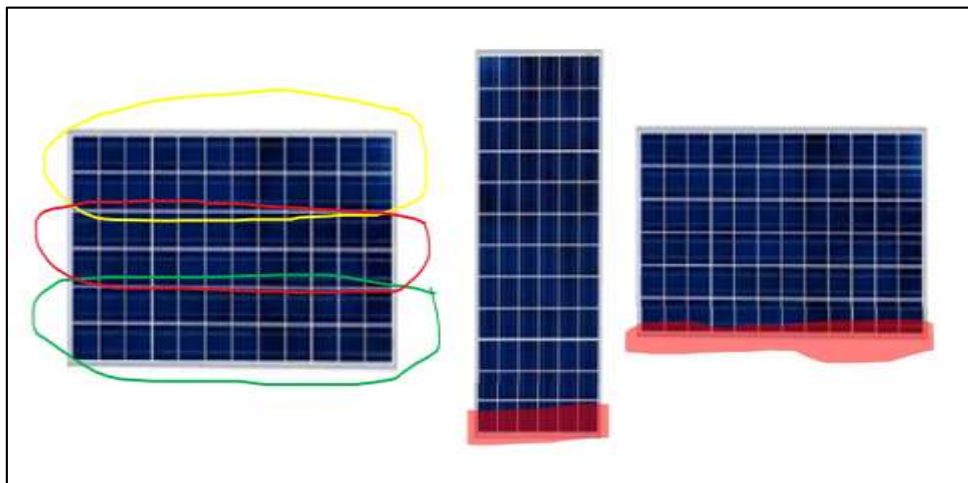


Ilustración No. 16: Afectación de sombra sobre los paneles solares

Fuente:[19]

El clima es una variante que se afectada por diversos factores, tales como: la latitud, altitud, continentalidad, angulación de la superficie terrestre y el ecosistema.

Los factores mencionados definen las circunstancias que afectan a las diversas operaciones a realizarse, podemos definirlas como la humedad, porcentaje de visibilidad, niveles de radiación (solar o nuclear), temperatura, la velocidad del viento, presión atmosférica.[28]

La operación de los sistemas fotovoltaicos se ven fuertemente afectados por las condiciones climáticas, dependiendo de su latitud y altitud se pueden señalar diversos parámetros que reducirán o aumentaran la eficiencia de los paneles, la ilustración 17 presenta la interacción de los paneles con el ecosistema.



Ilustración No. 17: Afectación del clima sobre los paneles solares

Fuente:[27]

2.11.1. INFLUENCIA DE LA LLUVIA EN LOS PANELES FOTOVOLTAICOS

Una de las variables más fundamentales en el ambiente es la lluvia, la cual, se define como una precipitación acuosa que toma el aspecto de gotas líquidas. Es un factor que influye en las propiedades climáticas de un sitio en específico, además fundamenta un gran número de distribuciones climáticas, en la ilustración 18 se muestra un panel con agua sobre su superficie.



Ilustración No. 18: Los paneles solares y la lluvia

Fuente:[29]

2.11.2. TIPOS DE PRECIPITACIÓN

Precipitación convectiva: Como se muestra en la ilustración 19, el calentamiento intenso del suelo, sobre todo en el verano es un mecanismo que induce un movimiento ascendente del aire que se transmite a las capas de aire más cercanas y conduce a la formación de cúmulos o nubes cumulonimbos que pueden provocar fuertes lluvias.[30]



Ilustración No. 19: Tipos de precipitaciones

Fuente:[31]

Precipitación orográfica: Como se exhibe en la ilustración 20, las montañas tienen su propio mecanismo para generar precipitación en situaciones turbulentas condicionadas debido a su capacidad de levantar el aire, produciendo precipitación geológica en sentido estricto (más lluvia en las laderas que en las llanuras).[30]



Ilustración No. 20: Tipos de precipitaciones

Fuente:[31]

Precipitación por convergencia: Tiene su comienzo en el levantamiento de aire debido a la convergencia de dos masas de aire con atributos similares en la zona de convergencia intertropical.[30]

2.11.3. INTERACCIÓN DE LA LLUVIA CON LA SUPERFICIE DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

La lluvia se caracteriza por poseer efectos positivos significativos en el beneficio de los sistemas fotovoltaicos en todo el mundo, especialmente en relación con el período primavera/verano. La primera ventaja está relacionada con la drástica reducción de las pérdidas de temperatura por refrigeración del sensor y del evaporador, mientras que la segunda ventaja se debe a la reducción de las pérdidas por reflexión gracias a la presencia de una fina capa de agua sobre el cristal fotoeléctrico.[32]

2.11.4. INFLUENCIA DE SOMBRA EN PANELES SOLARES

Las sombras pueden provocar obstáculos circundantes sobre los paneles solares y reducir su eficiencia como se muestra en la ilustración 21, esto ocurre especialmente en las instalaciones fotovoltaicas ubicadas en los sitios residenciales. Comúnmente el espacio disponible para colocar los paneles es limitado, más en el caso de instalaciones en sitios urbanos donde los paneles suelen instalarse en cubiertas, terrazas o espacios públicos. [33]



Ilustración No. 21: Paneles solares afectados por sombras

Fuente:[34]

Como se observa en la ilustración 22, las sombras tienen un resultado muy negativo en el rendimiento del panel solar. Cuando el panel está parcialmente sombreado, el voltaje a través de la celda sombreada puede invertirse, lo que hace que opere en el tercer cuadrante y se comporte como una carga resistiva.[33]

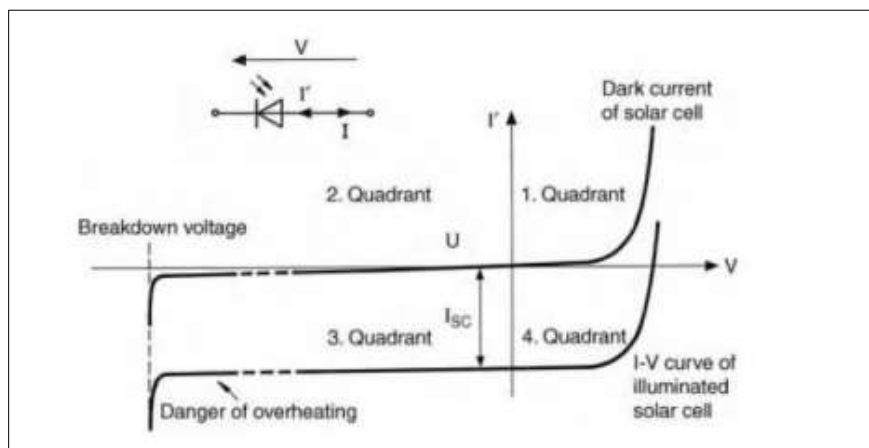


Ilustración No. 22: Curvas I-V de una celda iluminada y sin iluminar.

Fuente:[33]

El efecto de las sombras que se muestra en la ilustración 23, en la celda reflejará una capacidad igual a $P = (n - 1) * VS * I$, donde n es el número de diodos conectados en serie, VS la tensión presente en cada celda e I es la corriente generada. Como resultado, habrá un punto caliente sobre la superficie del panel, si esto no se resuelve, el punto caliente puede perjudicar el módulo.[33]

Para solventar la problemática, una opción viable es usar diodos de derivación. La forma en la que se conectan los diodos es en paralelo con las celdas y con la polaridad en sentido contrario a la polaridad de la celda en condiciones normales. Si bien lo ideal sería tener un diodo de derivación por celda, esto no daría como resultado un panel económico, por lo que un diodo generalmente se configura para 12 o 24 celdas.[33]

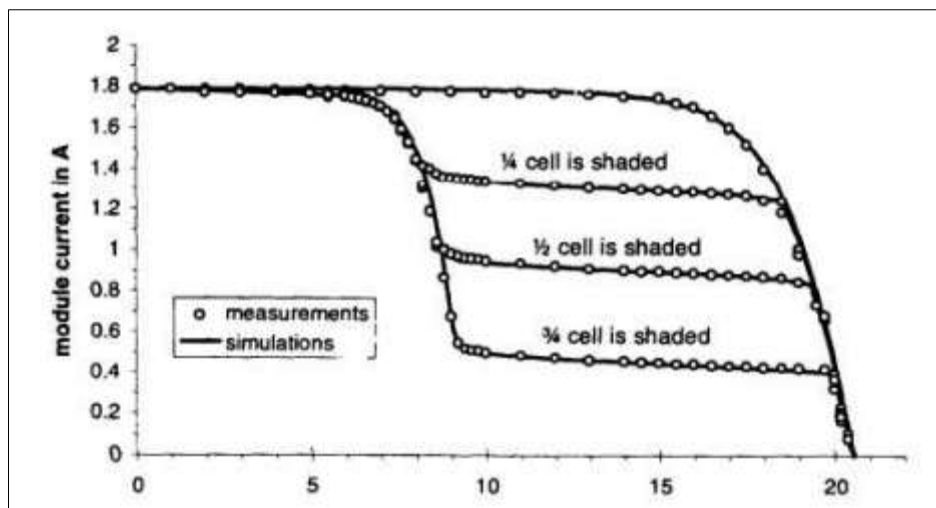


Ilustración No. 23: Efecto de sombrear progresivamente una celda

Fuente:[33]

2.11.5. INFLUENCIA DE POLVO EN PANELES SOLARES

Urrejola, Madelein C et al, afirma que la suciedad (polvo) es un motivo de contaminación para los módulos fotovoltaicos compuesto fundamentalmente por fragmentos en el aire. Cuando no hay limpieza en la superficie del módulo durante un buen periodo de tiempo, se produce consecuencias como la mencionada suciedad. Cuando existe humedad relativa alta, desarrolla la adherencia de partículas de suciedad en el módulo fotovoltaico y disminuye el efecto de limpieza por el viento. [35]

El polvo es un manto delgado que envuelve el área de la matriz solar, y los fragmentos de polvo característico son menos de $10\mu\text{m}$ de diámetro, sin embargo depende del sitio geográfico y sus alrededores. Esto se forma a partir de varias fuentes, como infestaciones por viento, erupciones volcánicas, peatonales y flujo de vehículos. El polvo que se acumula con el tiempo empeora los efectos de la suciedad. De hecho, la cantidad de polvo que se acumula en la superficie del módulo fotovoltaico afecta la energía total proporcionada por el módulo fotovoltaico en forma diaria, mensual, estacional y anual. [35]

En la ilustración 24 se presentan 2 ejemplos de paneles solares, uno con una superficie limpia y otro con suciedad.



Ilustración No. 24: Panel con presencia de polvo

Fuente:[36]

Las características del polvo y el entorno local afectan las características de acumulación de suciedad en los módulos solares. Las particularidades del polvo incluyen tamaño, composición, forma y peso. [35]

La superficie también es un componente clave que favorece al proceso de ensuciamiento. Existe una mayor acumulación de polvo si la superficie no es lisa, y por lo contrario resulta ser áspera y pegajosa. La ubicación del módulo, que depende de la dirección de los rayos solares y del viento, también es primordial en el proceso de ensuciamiento. Mientras más horizontal se encuentre el módulo, hay mayor riesgo de ensuciamiento. [35]

CAPITULO 3

3. METODOLOGÍA

3.1. METODOLOGÍA Y MEDIOS

Se diseñó e implemento un banco de sistema fotovoltaico, con fin didáctico para que los estudiantes puedan realizar sus prácticas durante las materias de energía renovables, además que cuentan con los componentes básicos que se realicen diferentes tipos de simulaciones. Adicional a la construcción de la estructura, el proyecto se centró en la recolección de parámetros de funcionamiento del panel Solar bajo las diversas condiciones ambientales que podemos encontrar en la ciudad de Guayaquil, tales como lluvia, suciedad (polvo o ceniza), sombra.

Las condiciones ambientales fueron simuladas de manera artificial para satisfacer la investigación y los resultados se compararon entre sí, obteniendo tablas donde se visualiza el resultado de cada escenario. Se presentan los pasos sobresalientes y favorables en nuestro proyecto, con la finalidad del desarrollo eficiente en un proceso fotovoltaico, como es el caso de un panel de pruebas para el laboratorio de generación de energía eléctrica de la carrera de Electricidad, de la Universidad Politécnica Salesiana.

Para este presente proyecto se implementará un tablero o banco de pruebas metálico, fabricado a corte con plasma con precisión para diversas pruebas a futuro de los estudiantes en campos investigativos o referentes a aplicaciones en el área residencial, industrial o propicia para el ambiente de Guayaquil. Dicho esto, se debe contemplar distintos temas arquitectónicos del lugar donde será instalado, su montaje, transportación de materiales y elementos del panel, factores que sirven de mucho al momento de su instalación y a quienes va dirigido.

El banco de pruebas implementado a la UPS, brindara la oportunidad a los estudiantes de realizar diversas pruebas en las cuales aplicaran los conocimientos adquiridos en las aulas de clase. Adicionalmente permitirá el análisis de temas tales como cálculos de selección de paneles, lúmenes de alumbrado en instalaciones interiores, carga en general, transmisión de calor, ángulo óptimo de inclinación de los módulos, selección de batería de almacenamiento, regulador de carga, selección del inversor y calibre de conductor.

3.2. DEFINICIÓN DEL OBJETIVO

Las simulaciones de las condiciones ambientales se desarrollaron de la siguiente forma: se obtuvieron datos de un clima lluvioso aplicando agua sobre la superficie del panel, se aplicó polvo sobre la celda fotovoltaica para definir los valores de presencia de suciedad (polvo, ceniza), con el uso de una funda de basura se simularon los escenarios de sombra, adicional se tomaron valores de funcionamiento en condiciones ideales.

Se empleó un regulador MPPT con conexión Bluetooth, para la obtención de datos a través de la aplicación VictronConnect y se aplicó una carga constante de 12 W, se muestra en la ilustración 25.



Ilustración No. 25: Conexión de módulos

Fuente: [Autor]

El desarrollo de la investigación se lo llevará a cabo en la terraza del edificio “D” de la Universidad Politécnica Salesiana, campus Centenario, se adjunta una captura de Google Maps en la ilustración 26.



Ilustración No. 26: Ubicación de la Universidad Politécnica Salesiana

Fuente: [Google Maps]

3.3. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

Para la creación de la estructura se realizaron bosquejos en cartulina como se visualiza en la ilustración 27, luego de definir la posición de los componentes y las medidas respectivas, se procedió a realizar el diseño en el software AutoCAD.



Ilustración No. 27: Diseño en cartulina

Fuente: [Autor]

El diseño del proyecto está conformado por dos partes, una estructura metálica en donde se alojan ocho módulos aislados, sobre cada módulo se instalan los diferentes componentes que conforman el simulador.

En las ilustraciones 28 y 29 se muestran los bosquejos en AutoCAD de las estructuras del proyecto.

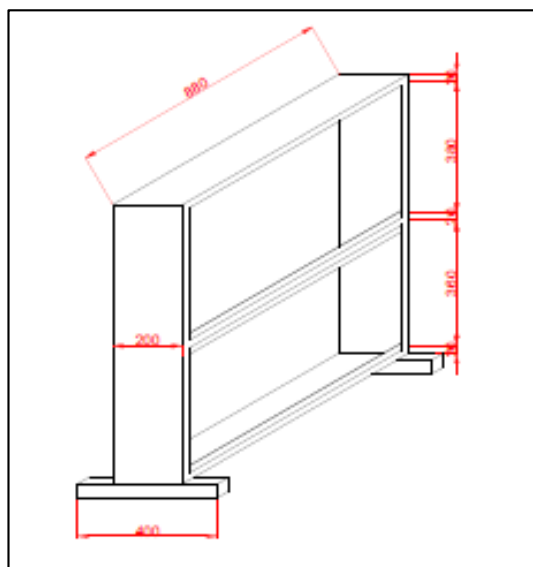


Ilustración No. 28: Estructura del simulador

Fuente: [Autor]

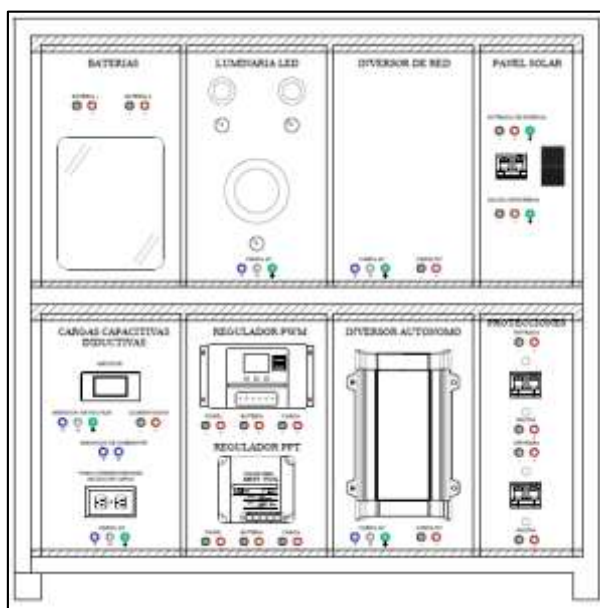


Ilustración No. 29: Vista delantera de los módulos independientes

Fuente: [Autor]

En la ilustración 30 se puede observar la estructura fabricada, antes de instalar los respectivos componentes.



Ilustración No. 30: Estructura fabricada

Fuente: [Autor]

En la ilustración 31 se visualizan los componentes instalados en la estructura.



Ilustración No. 31: Módulos instalados en la estructura

Fuente: [Autor]

3.5. ESQUEMA DE CONEXIÓN

El equipo FV será acondicionado con conexiones externas y de rápido montaje y desmontaje, de tal forma los estudiantes durante sus prácticas de laboratorio puedan conectar los paneles necesarios en base a las indicaciones del docente o el tema investigar.

En la ilustración 32 se muestra el modulo fotovoltaico con las conexiones entre la salida del panel, batería, regulador, inversor aislado, protecciones y una luz Led de 12W.

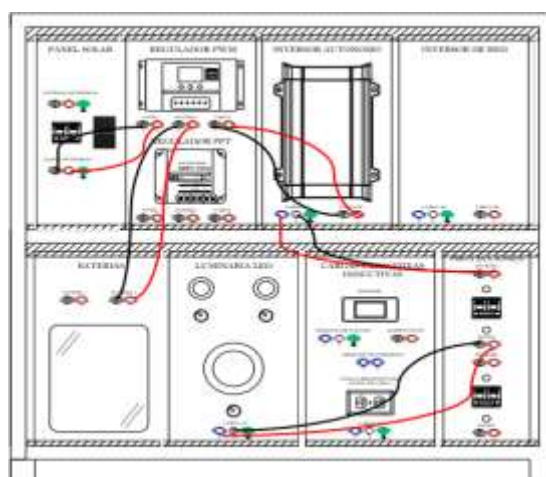


Ilustración No. 32: Conexiones del equipo FV

Fuente: [Autor]

3.5.3. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO

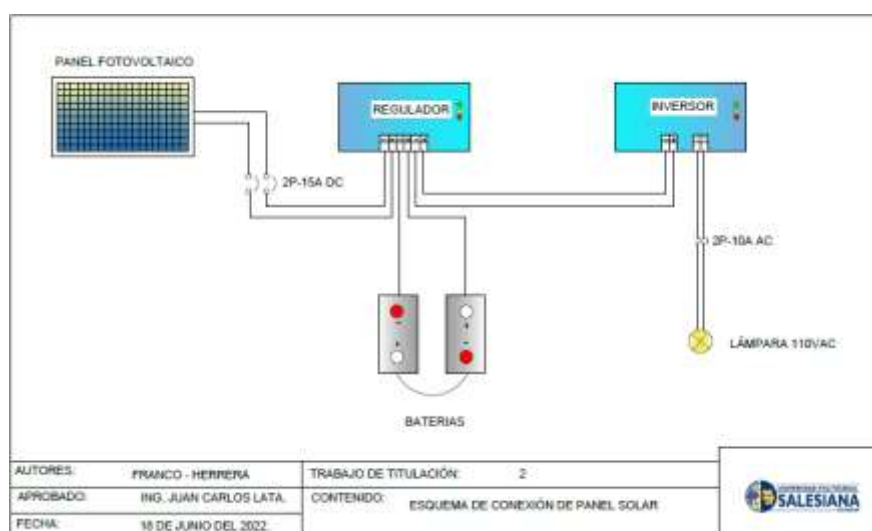


Ilustración No. 33: Diagrama esquemático

Fuente: [Autor]

3.6. SIMULACIÓN EN EL PROGRAMA PVsyst

El software Pvsyst, es una herramienta informática que nos permite realizar simulaciones de sistemas fotovoltaicos para fines educativos o profesionales, cuenta con una amplia base de datos tanto de locaciones a nivel mundial, modelos de paneles solares, reguladores e inversores.

Se realizar una simulación de un sistema fotovoltaico idóneo con las características de los modulos instalados en el tablero, con lo cual podremos visualizar los valores que generan cuando se cumplen un escenario ideal.

Para la realizar la simulación se siguieron los siguientes pasos:

- ✓ Luego de iniciar el programa se abrirá una pantalla con los tipos de sistemas que existen en el mercado (Conectados a red, independiente o de bombeo), seleccionaremos la opción un sistema independiente, las mismas que se pueden observar en la ilustración 34.

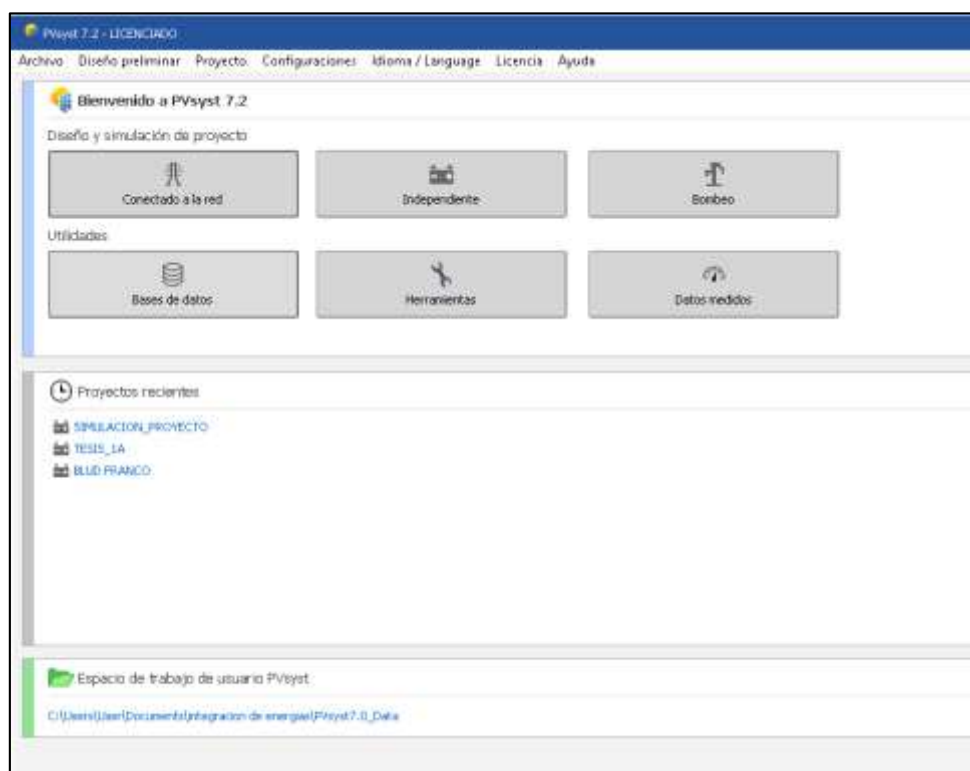


Ilustración No. 34: Selección de tipo de sistema

Fuente: [Autor]

- ✓ A pesar del amplio listado no se pudo encontrar a la Universidad Politécnica Salesiana, se procede a buscar la ubicación de forma manual, seleccionando nuevo en la pantalla actual, como se muestra en la ilustración 37.

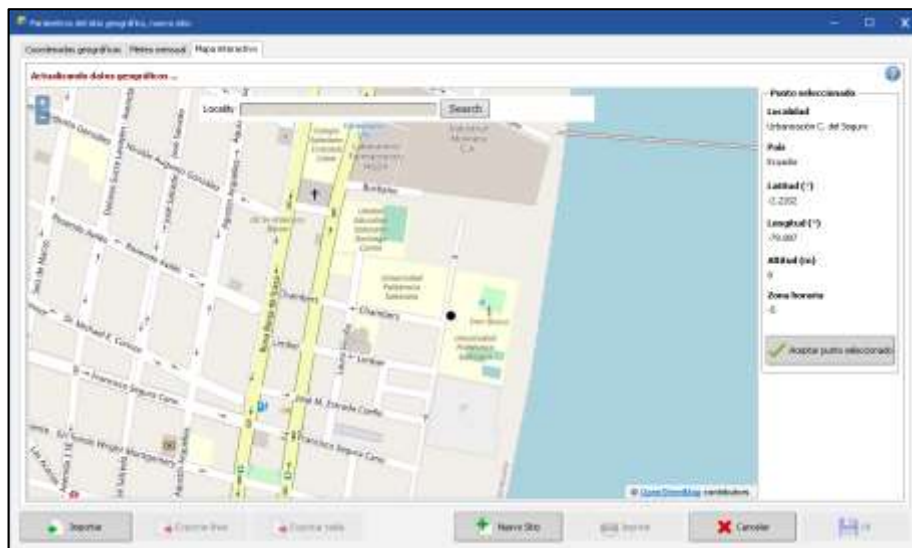


Ilustración No. 37: Parámetros del sitio geográfico _ nuevo sitio

Fuente: [Autor]

- ✓ Luego de definir la locación del proyecto, se procede a configurar las características del sistema
- ✓ Primero configuramos la orientación del panel, dentro la cual podemos elegir el tipo de superficie y la inclinación a la cual estará instalado el panel, adicional de la elección de dos estaciones (invierno o verano).
- ✓ Para desarrollo de la investigación como se muestra en la ilustración 38 se eligió un plano inclinado fijo con una inclinación del plano de 20° y una Azimut de 0° , en la sección de orientación rápida se escogió la estación de invierno por el rango de fechas (abril – septiembre), ya que el desarrollo de este proyecto se cumplirá entre los meses de junio - agosto.

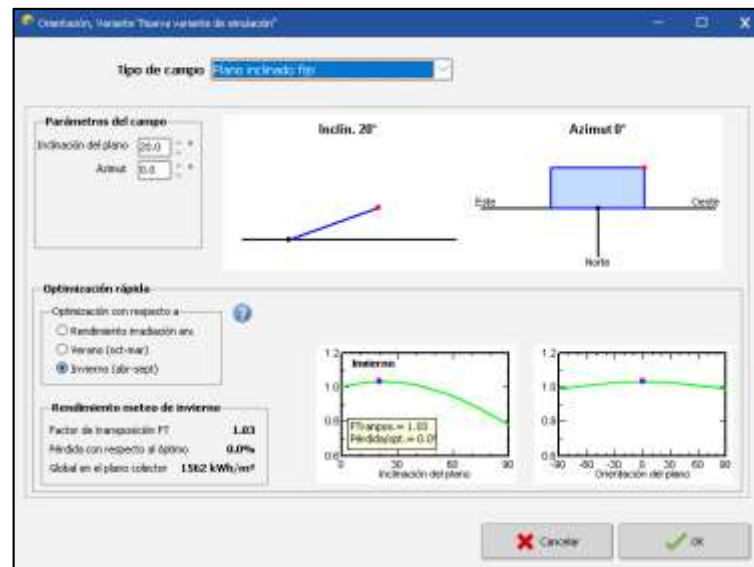


Ilustración No. 38: Selección de orientación

Fuente: [Autor]

- ✓ En la siguiente ilustración 39, se muestra la pantalla donde se pueden ingresar todas las cargas que se pueden encontrar en un vivienda o en una industria, debemos ingresar la cantidad de componentes por tipo, la potencia de cada uno de ellos y la cantidad de horas a la que se estima el empleo de cada uno de ellos, el programa realizara los cálculos automáticamente dando como resultado el total de energía requerida por mes.

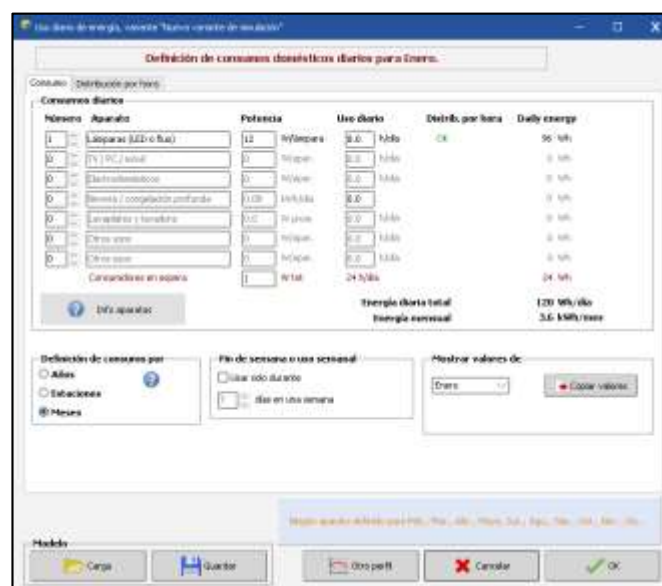


Ilustración No. 39: Uso diario de energía

Fuente: [Autor]

- ✓ Se selecciona la distribución de las horas de funcionamiento de la carga en el transcurso del día tal como se muestra en la ilustración 40. Se usara una luz LED para el desarrollo del tema.

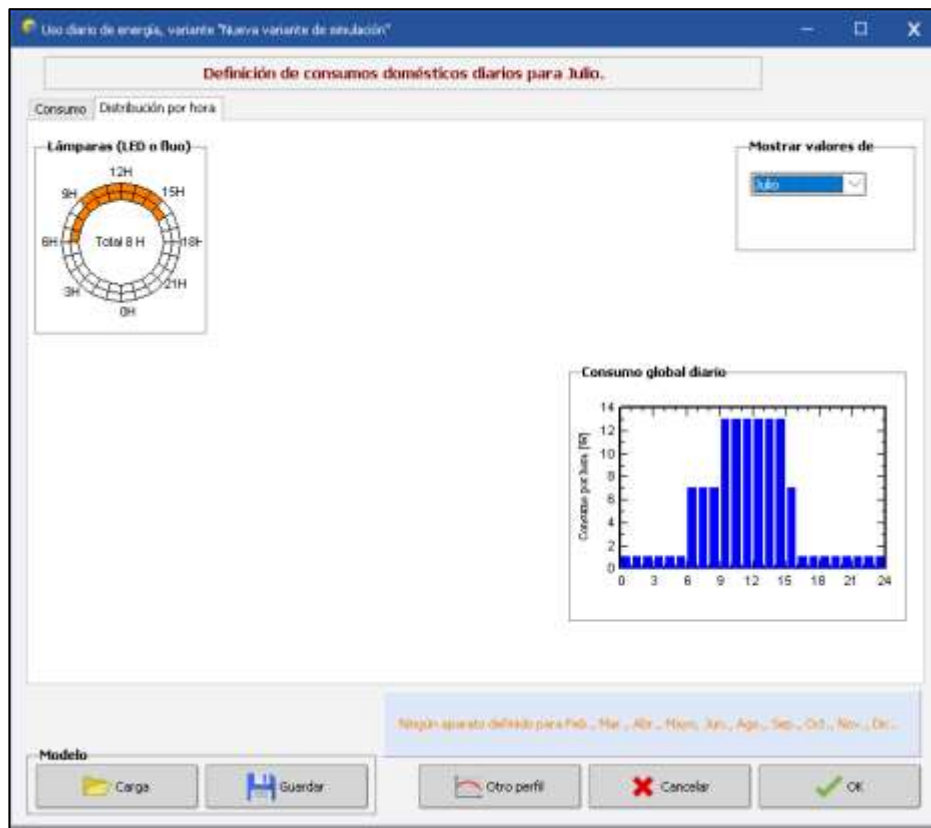


Ilustración No. 40: Distribución de horas por carga

Fuente: [Autor]

- ✓ El siguiente paso es escoger las características de los componentes a utilizar en el sistema, para el desarrollo de la simulación se escogieron los siguientes componentes:
 - Un Panel fotovoltaico marca Photon de 85Wp – 15 V
 - Un Controlador MPPT de 1000 W – 12V
 - Una Batería Compact Power de 12V – 39Ah, de tipo plomo-acido

- ✓ Estos componentes fueron elegidos por sus similares características en comparación a los instalados en el tablero FV.
- ✓ En la ilustración 41, se muestra la pestaña de selección de equipos de almacenamiento, por modelo, tipo y cantidad, por motivo de la simulación se escogió una batería de 12v de 39Ah.

Definición de sistema independiente, Variante: "Nueva variante de simulación", Variant: "Nueva variante de simulación"

Necesidades diarias prom. Ingrese PLOL aceptado: 0.1 kWh/día Ingrese autonomía solicitada: 4.0 día(s) Voltaje de la batería (usuario): 12 V

Capacidad sugiere: 47 Ah Potencia FV sugerida: 47.2 Wp (nom.)

Almacenamiento Conjunto FV Respaldo Esquema Simplificado

Procedimiento

1. - Pre-dimensionamiento: Las sugerencias de pre-dimensionamiento se basan en el metro mensual y la definición de necesidades del usuario. Defina las condiciones de pre-dimensionamiento deseadas (PLOL, autonomía, voltaje de la batería).
2. - Almacenamiento: Defina la batería (las casillas de verificación predeterminadas se acercarán al pre-dimensionamiento).
3. - Diseño del conjunto FV: Diseñe el conjunto FV (módulo FV) y el modo de control. Se recomienda comenzar con un controlador universal.
4. - Respaldo: Defina un grupo electrógeno eventual.

Especifique el conjunto de batería

Ordenar baterías por: ☒ voltaje ☐ capacidad ☐ fabricante

Overlon 12 V 39 Ah Pb Sealed Rites Compact Power

Plomo-ácido

1 baterías en serie Número de baterías: 1

1 baterías en paralelo Número de elementos: 6

100.0 % Estado inicial de desgaste (núm. de ciclos)

100.0 % Estado inicial de desgaste (estático)

Voltaje paquete de baterías: 12 V

Capacidad global: 39 Ah

Energía almacenada (80% DOD): 0.4 kWh

Peso total: 22 kg

Núm. de ciclos a 80% DOD: 292

Energía total almacenada durante la vida útil de la batería: 121 kWh

Temperatura de funcionamiento de la batería

Modo de temperatura: Fijo (seleccione)

Temperatura fija: 21 °C

La temperatura de la batería es importante para el envejecimiento de la batería. Un aumento de 10 °C divide la vida útil de la batería "estática" por un factor de diez.

La potencia del conjunto FV está sobredimensionada con respecto a necesidades del usuario. Esto indicará grandes pérdidas de "energía no utilizada".

Ilustración No. 41: Selección de Batería

Fuente: [Autor]

- ✓ En la ilustración 42, se muestra la pestaña de selección del conjunto fotovoltaico por modelo, tipo y cantidad, por motivo de la simulación se escogió un panel de 160 W y controlador MPPT de 12v - 15A.

Definición de sistema independiente, Variante: "Nueva variante de simulación", Variant: "Nueva variante de simulación"

Necesidades diarias prom.: Ingrese PLOL aceptado % Voltaje de la batería (usuario) V
 0.1 kWh/día Ingrese autonomía solicitada día(s) Capacidad sugerida **47 Ah**
 Potencia PV sugerida **47.2 Wp (nom.)**

Almacenamiento: Conjunto PV Respaldó Esquema Simplificado

Nombre y orientación del subconjunto
 Nombre:
 Orient.: **Plano inclinado fijo** Inclinación: **20°** Azimut: **0°**

Ayuda de pre-dimensionamiento
☐ Sin dimensionamiento Ingrese potencia planeada kWp
☐ 0.8/s disponible Wp

Seleccione el módulo PV
 Todos los módulos Ordenar módulos Potencia Tecnología
 Photovoltaich 160 Wp 24V Si-poly MPST 160 A Hasta 2000 Photon Max 2000
 Voltajes de dimensionamiento: $V_{mp}(60^{\circ}\text{C})$ **28.9 V**
 $V_{oc}(10^{\circ}\text{C})$ **48.0 V**

Seleccione el modo de control y el controlador
☒ Controlador universal Todos los fabricantes Convertidor de potencia MPPT
☐ Modo operativo
☐ Acoplamiento directo ☐ Convertidor MPPT ☐ Convertidor CC-CC
 Corriente máx. de carga descarga
 1000 W 12 V 15 A 1 A Universal controller with MPPT control
 Los parámetros de funcionamiento del controlador universal se ajustarán automáticamente de acuerdo con las propiedades del sistema.

Diseño del conjunto PV
 Número de módulos y cadenas
 Mod. en serie debe ser (estar) ☒ Sin restricciones
 Núm. de cadenas entre 1 y 1
 Núm. de módulos Área m²

Condiciones de operación
 $V_{mp}(60^{\circ}\text{C})$ **28.9 V**
 $V_{mp}(20^{\circ}\text{C})$ **35 V**
 $V_{oc}(10^{\circ}\text{C})$ **48 V**
 Irradiación plana **1000 W/m²**
 Ingo (STC) **4.7 A**
 Isc (STC) **5.2 A**
 Isc (en STC) **5.1 A**

Potencia de funcionamiento máx. **0.2 kW**
 (en 1000 W/m² y 50°C)
 Potencia nom. conjunto (STC) **8.60 Wp**

Ilustración No. 42: Selección de componentes fotovoltaicos

Fuente: [Autor]

✓ En la ilustración 43. se muestra un esquema simplificado de un sistema autónomo.

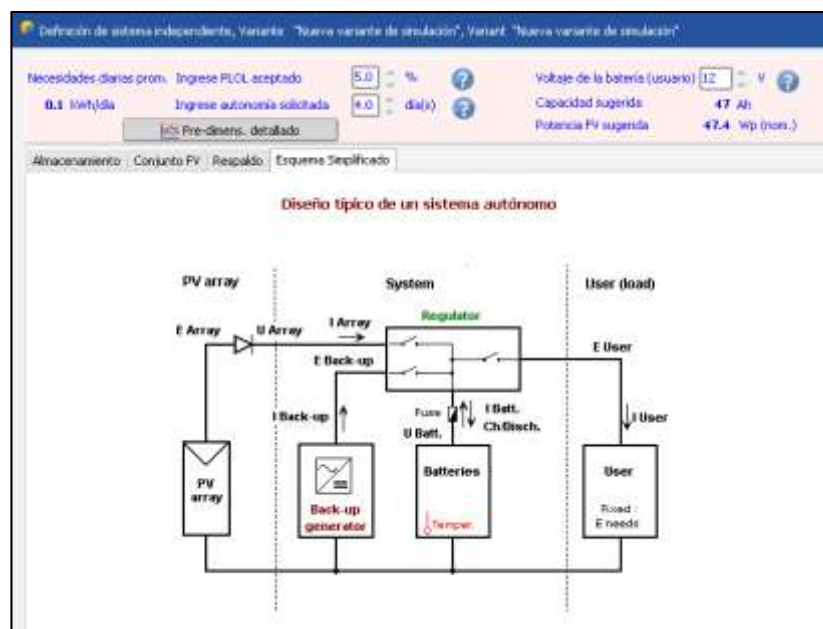


Ilustración No. 43: Diseño del sistema autónomo

Fuente: [Autor]

- ✓ Luego de configurar y seleccionar todos los componentes necesarios se procede a simular el proyecto, en donde en su pantalla principal se presenta un resumen del funcionamiento del sistema, como se presenta en la ilustración 44.

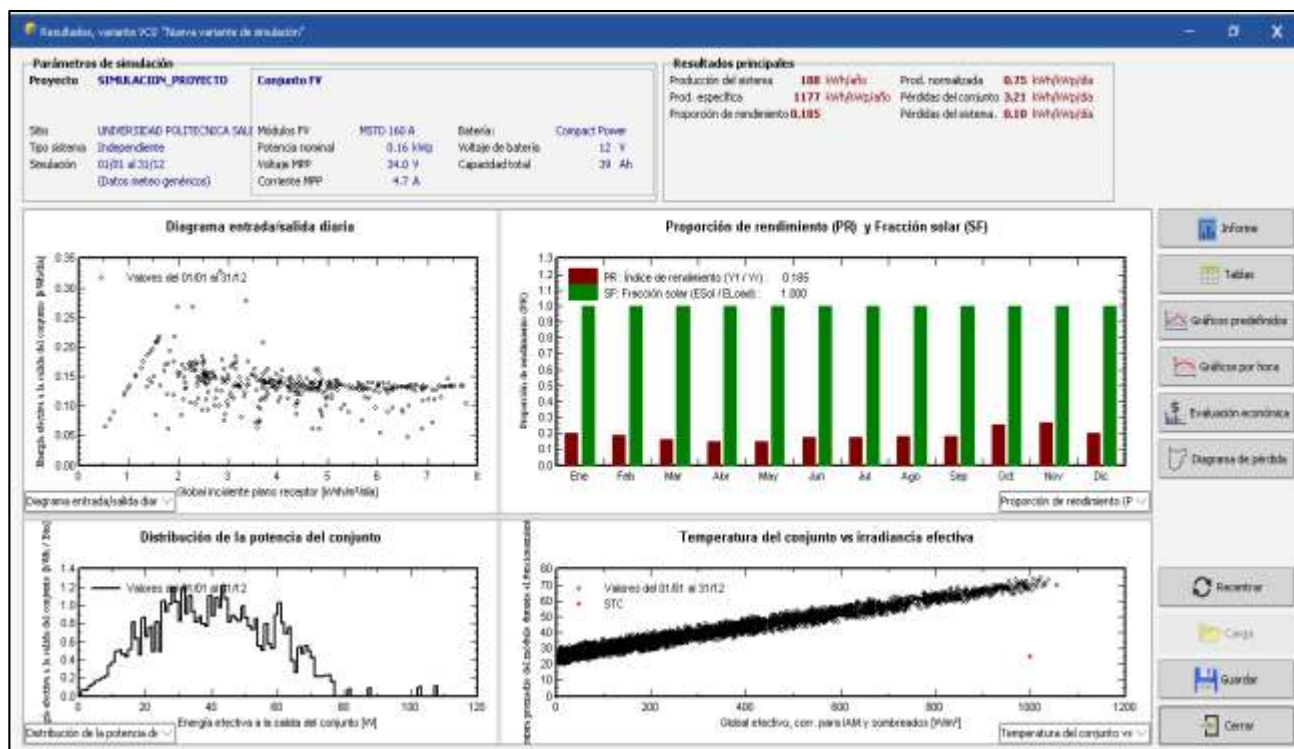


Ilustración No. 44: Resumen de datos de la simulación

Fuente: [Autor]

Se adjunta las capturas del informe obtenido por la simulación realizada.

Resultados de la simulación con panel de 85W:

En la ilustración 45 se observan los datos iniciales del sistema, tanto como ubicación, potencia y cantidad de paneles, datos operativos del regulador y un resumen de los valores obtenidos en la simulación.

Project summary					
Geographical Site		Situation		Project settings	
UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA		Latitude	-2.22 °S	Albedo	0.20
Ecuador		Longitude	-79.89 °W		
		Altitude	8 m		
		Time zone	UTC-5		
Meteo data					
UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA					
Meteonorm 8.0 (2010-2014), Sat=100% - Sintético					

System summary					
Stand alone system			Stand alone system with batteries		
PV Field Orientation			User's needs		
Fixed plane			Dally household consumers		
Tilt/Azimuth			Constant over the year		
20 / 0 °			Average		
			0.1 kWh/Day		
System information					
PV Array			Battery pack		
Nb. of modules	1 Unit		Technology	Lead-acid, sealed, plates	
Pnom total	85 Wp		Nb. of units	1 Unit	
			Voltage	12 V	
			Capacity	39 Ah	

Results summary					
Available Energy	97.88 kWh/year	Specific production	1152 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	34.76 %
Used Energy	43.80 kWh/year			Solar Fraction SF	100.00 %

Table of contents	
Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Detailed User's needs	4
Main results	5
Loss diagram	6
Special graphs	7

Ilustración No. 45: Información principal de la simulación

Fuente: [Autor]

En la ilustración 46, se muestran los parámetros generales, las características del sistema fotovoltaico usando el panel de 85W.

General parameters			
Stand alone system		Stand alone system with batteries	
PV Field Orientation		Shade configuration	
Orientation		No 3D scene defined	
Fixed plane			
Tilt/Azimuth	20 / 0 °		
User's needs		Models used	
Daily household consumers		Transposition	Perez
Constant over the year		Diffuse	Perez, Meteonorm
Average		Circumsolar	separate
0.1 kWh/Day			
PV Array Characteristics			
PV module		Battery	
Manufacturer	Photovolttech	Manufacturer	Oerlikon
Model	MSTD 85 A	Model	Compact Power
(Original PVsyst database)		Technology	Lead-acid, sealed, plates
Unit Nom. Power	85 Wp	Nb. of units	1 Unit
Number of PV modules	1 Unit	Discharging min. SOC	20.0 %
Nominal (STC)	85 Wp	Stored energy	0.4 kWh
Modules	1 String x 1 In series	Battery Pack Characteristics	
At operating cond. (50°C)		Voltage	12 V
Pmpp	77 Wp	Nominal Capacity	39 Ah (C10)
U mpp	16 V	Temperature	Fixed 21 °C
I mpp	5.0 A		
Controller		Battery Management control	
Universal controller		Threshold commands as	SOC calculation
Technology	MPPT converter	Charging	SOC = 0.90 / 0.75
Temp coeff.	-5.0 mV/°C/Elem.	approx.	13.3 / 12.4 V
Converter		Discharging	SOC = 0.20 / 0.45
Maxi and EURO efficiencies	97.0 / 95.0 %	approx.	11.6 / 12.1 V
Total PV power			
Nominal (STC)	0 kWp		
Total	1 modules		
Module area	0.7 m²		

Ilustración No. 46: Parámetros generales Panel 85W

Fuente: [Autor]

En la ilustración 47 se exhibe el detalle de las cargas del sistema.

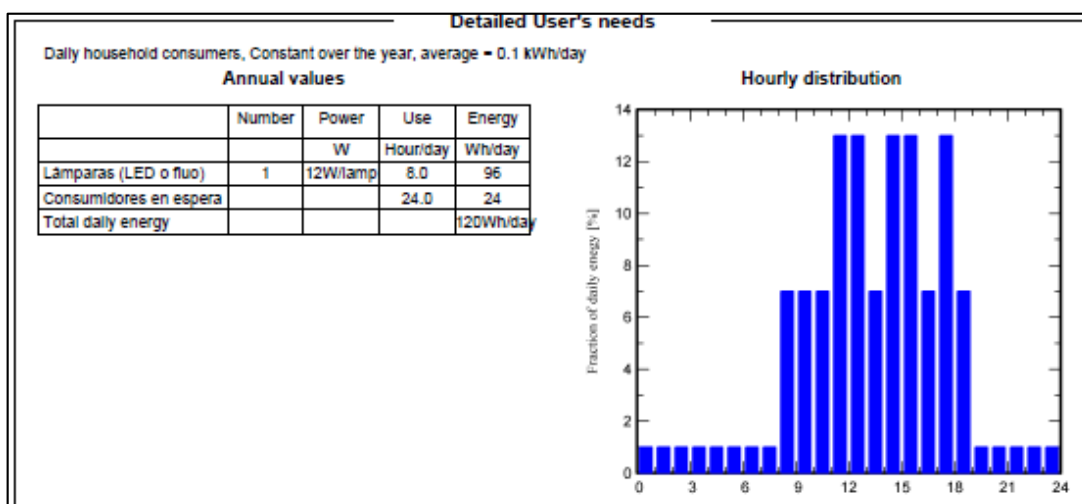


Ilustración No. 47: Detalles de cargas

Fuente: [Autor]

En la ilustración 48, se observa el resultado de la simulación usando el panel de 85W:

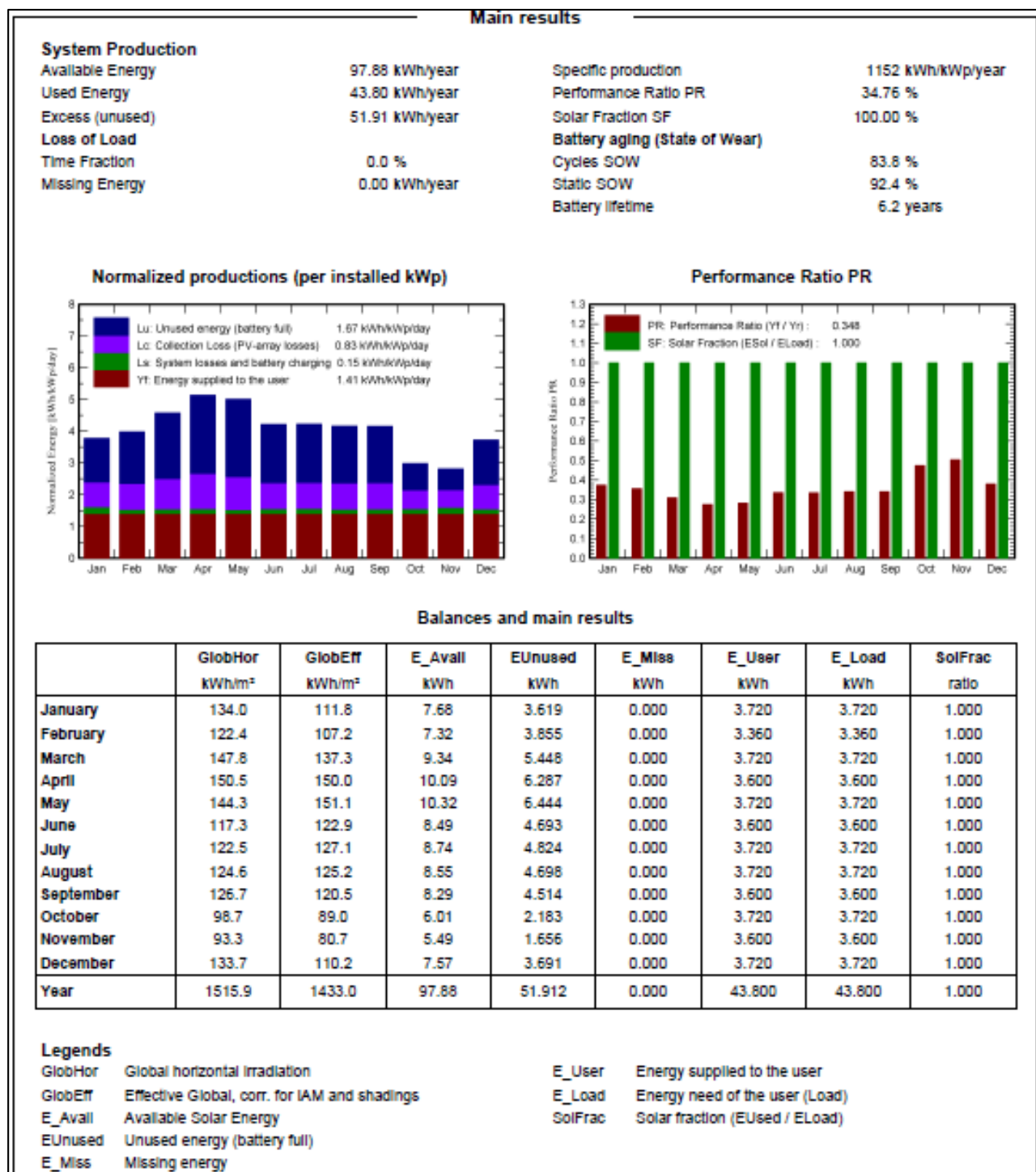


Ilustración No. 48: Resultados principales _ Panel 85W

Fuente: [Autor]

Resultados de la simulación del panel de 150 W:

En la ilustración 49 se muestran los parámetros generales, las características del sistema fotovoltaico usando el panel de 150W.

General parameters			
Stand alone system		Stand alone system with batteries	
PV Field Orientation		Sheds configuration	
Orientation		No 3D scene defined	
Fixed plane			
Tilt/Azimuth	20 / 0 °		
User's needs		Models used	
Daily household consumers		Transposition	Perez
Constant over the year		Diffuse	Perez, Meteonorm
Average	0.1 kWh/Day	Circumsolar	separate
PV Array Characteristics			
PV module		Battery	
Manufacturer	Photovoltaech	Manufacturer	Oerlikon
Model	MSTD 160 A	Model	Compact Power
(Original PVsyst database)		Technology	Lead-acid, sealed, plates
Unit Nom. Power	160 Wp	Nb. of units	1 Unit
Number of PV modules	1 Unit	Discharging min. SOC	20.0 %
Nominal (STC)	160 Wp	Stored energy	0.4 kWh
Modules	1 String x 1 in series	Battery Pack Characteristics	
At operating cond. (60°C)		Voltage	12 V
Pmpp	143 Wp	Nominal Capacity	39 Ah (C10)
U mpp	30 V	Temperature	Fixed 21 °C
I mpp	4.7 A	Battery Management control	
Controller		Threshold commands as	SOC calculation
Universal controller		Charging	SOC = 0.90 / 0.75
Technology	MPPT converter	approx.	13.4 / 12.4 V
Temp. coeff.	-5.0 mV/°C/Elem.	Discharging	SOC = 0.20 / 0.45
Converter		approx.	11.6 / 12.1 V
Maxi and EURO efficiencies	97.0 / 95.0 %		
Total PV power			
Nominal (STC)	0 kWp		
Total	1 modules		
Module area	1.3 m²		
Array losses			
Thermal Loss factor		DC wiring losses	
Module temperature according to irradiance		Global array res.	108 mΩ
Uc (const)	20.0 W/m²K	Loss Fraction	1.5 % at STC
Uv (wind)	0.0 W/m²C/m/s		
Module Quality Loss		Module mismatch losses	
Loss Fraction	1.5 %	Loss Fraction	2.0 % at MPPT
IAM loss factor		Strings Mismatch loss	
ASHRAE Param: IAM = 1 - bo(1/cosθ - 1)		Loss Fraction	0.1 %
bo Param.	0.05		
Serie Diode Loss			
Voltage drop	0.7 V		
Loss Fraction	2.1 % at STC		

Ilustración No. 49: Parámetros generales Panel 150W

Fuente: [Autor]

En la ilustración 50, se observa el resultado de la simulación usando el panel de 150w.

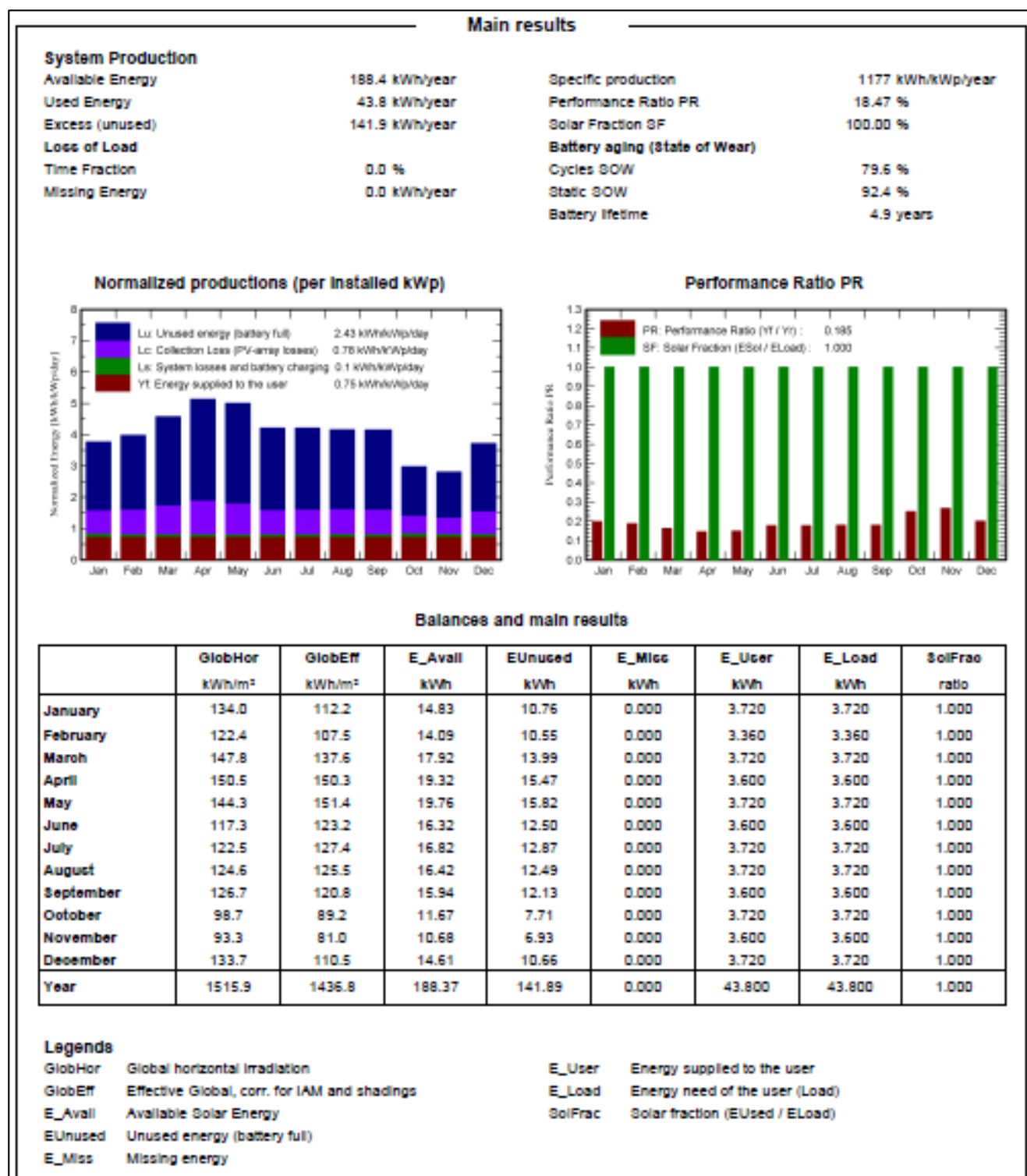


Ilustración No. 50: Resultados principales _ Panel 150W

Fuente: [Autor]

CAPITULO 4

4. PRUEBAS Y RESULTADOS

Se realizaron las pruebas de funcionamiento del panel bajos las condiciones ambientales que encontramos en la ciudad de Guayaquil. Para estas pruebas se emplearon dos paneles solares de 150 W y otro de 85 W.

Adicional se obtuvieron valores referenciales del funcionamiento del panel mediante las simulaciones realizadas en el software PVsyst:

- Para el panel de 150 W se obtuvo el valor de energía 16,42 KWh por el mes de agosto, que llevado a potencia diaria tenemos:

$$P = \frac{16420}{30 \times 24} = 22,81 \text{ w}$$

- Para el panel de 85 W se obtuvo el valor de energía 8,5 KWh por el mes de agosto, que llevado a potencia diaria tenemos:

$$P = \frac{8500}{30 \times 24} = 11,80 \text{ w}$$

4.1. PRUEBAS EN UN PANEL DE 150 W Y 85 W

Para el siguiente estudio se utilizó un panel de 150W de la marca SunLink PV y un segundo panel de 85 W de la marca Cynsolar, los cuales se someterán a diferentes escenarios ambientales que se suscitan en la ciudad de Guayaquil. En las ilustraciones 51 y 52 se muestran las especificaciones de los paneles a utilizar.

ELECTRICAL DATA	
Module Type	SL110-12P150
Nominal peak power (P_{max})	150W
Nominal voltage (V_{mpp})	17.2V
Nominal current (I_{mpp})	8.72A
Open circuit voltage (V_{oc})	21.6V
Short circuit current (I_{sc})	9.25A
Module efficiency	15.1%
Operating Temperatre	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1000 V DC
STC: Irradiation: 1000 W/m ² , module temperature: 25 °C, air mass	
Maximum power (P_{max})	108W
Nominal voltage (V_{mpp})	16.5V
Nominal current (I_{mpp})	6.56A
Open circuit voltage (V_{oc})	19.9V
Short circuit current (I_{sc})	6.89A

Ilustración No. 51: Placa de datos de panel 150W

Fuente:

Type Of Module	TYN-85S5
Maximum Power [W]	85
Tolerance [%]	Plus
Open circuit Voltage [V]	21.96
Short circuit Current [A]	5.06
Maximum Power Voltage [V]	18.22
Maximum Power Current [A]	4.67
Module Efficiency [%]	12.77
Solar Cell Efficiency [%]	15.9
Series Fuse Rating [A]	12
Terminal Box	IP65
Maximum System Voltage [V]	DC1000
Operating Temperature [°C]	-40 to 85
* The measuring uncertainty of Pmax is $\leq \pm 2\%$	

Ilustración No. 52: Placa de datos del panel de 85W

Fuente: [Autor]

Como la ilustración 53 lo muestra, el circuito está conformado por uno de los paneles antes mencionado, el cual estará conectado a un controlador de tipo MPPT de marca Victron Energy SmartSolar 75/15 y un inversor aislado de marca Victron Energy Phoenix Inverter con una tensión de entrada de 12V y 110V de salida, trabaja a una potencia de 250W.



Ilustración No. 53: Componentes utilizados en la evaluación

Fuente: [Autor]

Las pruebas se la realizaron en la terraza del edificio D, con un cielo parcialmente despejado a una temperatura ambiente de 24°C, los valores se obtuvieron a través de la aplicación de Victron, tal como se muestra en la ilustración 54.



Ilustración No. 49: Aplicación Victron

Fuente: [Autor]

En la ilustración 55 se muestra el instante en que se midieron los parámetros con la ayuda de un multímetro.



Ilustración No. 50: Medición de los parámetros con multímetro

Fuente: [Autor]

Los paneles se evaluarán de manera independiente y serán expuestos a los siguientes escenarios, lluvia, suciedad y sombra.

4.2. PRUEBA CON PRESENCIA DE LLUVIA

Para simular un clima lluvioso expondremos al panel al contacto de agua y consiguiente tomar datos de operación, tal como se ve en la ilustración 56.



Ilustración No. 51: Simulación del efecto lluvia

Fuente: [Autor]

Se adjuntan los valores obtenidos en condiciones nominales y bajo la presencia de agua tanto para el panel de 150W y el de 85W.

Datos obtenidos en el panel de 150W:

CONDICIÓN NOMINAL						
PANEL			BATERIA		CARGA	
Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tensión (V)	Corriente (A)	Corriente (A)	Potencia (W)
20,41	0,8	16	13,8	0,3	0,8	11
20,62	0,8	16	13,79	0,2	0,9	12
19,77	0,8	16	13,79	0,2	0,9	12
19,76	0,8	16	13,78	0,2	0,9	12
19,75	0,8	16	13,78	0,2	0,9	12

CONDICIÓN (LLUVIA)						
PANEL			BATERIA		CARGA	
Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tensión (V)	Corriente (A)	Corriente (A)	Potencia (W)
19,33	0,75	14,5	13,5	0,2	0,8	12
19,33	0,75	14,47	13,6	0,3	0,8	11
19,05	0,75	14,1	13,6	0,2	0,9	12
19,05	0,75	14,1	13,5	0,2	0,8	12
19,05	0,75	14,1	13,5	0,2	0,8	11

Datos obtenidos en el panel de 85W:

CONDICIÓN NOMINAL						
PANEL			BATERIA		CARGA	
Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tensión (V)	Corriente (A)	Corriente (A)	Potencia (W)
19,57	0,9	18	13,78	0,4	0,9	13
19,57	0,9	18	13,79	0,5	0,9	12
19,47	0,9	18	13,8	0,3	0,9	12
19,62	0,9	17	13,79	0,3	0,9	12
19,48	0,9	18	13,8	0,3	0,9	12

CONDICIÓN LLUVIA						
PANEL			BATERIA		CARGA	
Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tensión (V)	Corriente (A)	Corriente (A)	Potencia (W)
19,22	0,9	17,3	13,51	0,4	1	13
19,31	0,88	17	13,52	0,4	1	13
19,31	0,88	17	13,5	0,3	0,9	12
19,22	0,9	17,3	13,51	0,4	0,8	11
19	0,9	17,2	13,5	0,3	0,9	12

Durante los días de recolección de datos, se presentó una irradiación de $707\text{W}/\text{m}^2$, como podemos observar en los datos obtenidos en la condición de presencia de agua en la superficie del panel de 150 W tenemos que durante una condición nominal el panel genera una potencia 16 W, mientras que bajo el contacto con agua alcanza una potencia de 14,5 W. Por otra parte con el panel de 85 W bajo la misma simulación se presenta un pérdida de 0.7 W.

Esto se traduce a que durante los días lluviosos no se tendrá una pérdida de potencia significativa por esta condición

4.3. PRUEBA CON PRESENCIA DE SUCIEDAD

En esta condición se evalúa el funcionamiento del panel fotovoltaico cuando existe presencia de polvo, ceniza o suciedad de cualquier índole.

Para simular esta condición se cubrió el panel con una capa de polvo como se puede observar en la ilustración 57 y se tomaron los valores de funcionamiento para monitorear el rendimiento del panel. Se adjuntan los datos obtenidos en las pruebas correspondientes.



Ilustración No. 52: Simulación de suciedad en la superficie del panel

Fuente: [Autor]

Datos obtenidos en el panel de 150W:

CONDICIÓN NOMINAL						
PANEL			BATERIA		CARGA	
Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tensión (V)	Corriente (A)	Corriente (A)	Potencia (W)
20,79	0,8	16	13,79	0,3	0,9	12
20,85	0,8	16	13,79	0,2	0,9	12
20,63	0,7	15	13,79	0,2	0,9	12
19,38	0,8	16	13,78	0,4	0,8	12
19,94	0,8	16	13,8	0,3	0,8	11

CONDICIÓN (SUCIEDAD)						
PANEL			BATERIA		CARGA	
Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tensión (V)	Corriente (A)	Corriente (A)	Potencia (W)
20	0,7	14	13,55	0,2	0,7	10
20	0,7	14	13,5	0,3	0,7	10
19,44	0,72	14	13,5	0,2	0,9	12
19,45	0,72	16	13,51	0,3	0,8	12
19,71	0,71	16	13,51	0,2	0,8	11

Datos obtenidos en el panel de 85W:

CONDICIÓN NOMINAL						
PANEL			BATERIA		CARGA	
Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tensión (V)	Corriente (A)	Corriente (A)	Potencia (W)
17,46	1	17	13,13	0,3	1	13
16,25	1,4	23	13,03	0,7	1	13
16,08	1,4	23	13,23	0,8	0,8	11
17,15	1,4	24	13,36	0,9	0,8	11

CONDICIÓN (SUCIEDAD)						
PANEL			BATERIA		CARGA	
Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tensión (V)	Corriente (A)	Corriente (A)	Potencia (W)
16,94	0,5	8	12,82	0,1	1	13
17,91	0,8	15	13,14	0,1	1	13
18,19	0,7	13	13,19	0,1	1	13
16,79	1,3	21	13,33	0,6	0,9	12

Durante los días de recolección de datos, se presentó una irradiación de $707\text{W}/\text{m}^2$, como podemos observar en los datos obtenidos en la condición de presencia de suciedad en la superficie del panel de 150 W tenemos que durante una condición nominal el panel genera una potencia 16 W, mientras que bajo el contacto con polvo alcanza una potencia de 14 W. Por otra parte con el panel de 85 W bajo la misma simulación se presenta una pérdida de hasta 9W. Dependiendo de la sección con polvo o la cantidad de suciedad la eficiencia se reducirá correspondientemente. Adicional estos valores demuestran la necesidad de tener un plan de mantenimiento en el cual se contemple una limpieza periódica de los paneles con el fin de reducir pérdida de eficiencia por acumulación de suciedad.

4.4. PRUEBA CON PRESENCIA DE SOMBRA

Para simular las condiciones de sombra se empleara una funda con la cual se cubrirá una sección del panel, con lo cual podremos visualizar mediante los datos obtenidos la afectación de este escenario en un sistema fotovoltaico.

Datos obtenidos en el panel de 150W:

CONDICIÓN NOMINAL						
PANEL			BATERIA		CARGA	
Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tensión (V)	Corriente (A)	Corriente (A)	Potencia (W)
16,9	2,5	43	12,94	2,3	0,9	12
15,97	2,7	43	12,95	2,2	1	13
16,32	2,6	42	12,95	2,6	0,9	12
17,24	2,5	43	12,94	2,4	0,8	10
16,94	2,5	42	12,9	2,2	1	13

CONDICIÓN (SOMBRA ALEJADA)						
PANEL			BATERIA		CARGA	
Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tensión (V)	Corriente (A)	Corriente (A)	Potencia (W)
17,39	1,8	32	12,87	1,4	1	13
17,26	2	34	12,87	1,6	1	13
17,8	1,7	31	12,86	1,4	0,9	12
16,65	2	33	12,87	1,6	0,9	12
16,65	1,9	33	12,87	1,6	0,9	12

CONDICIÓN (SOMBRA CERCA)						
PANEL			BATERIA		CARGA	
Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tensión (V)	Corriente (A)	Corriente (A)	Potencia (W)
18,48	1,2	22	12,79	0,7	1	13
17,93	1,3	23	12,82	0,8	1	13
17,75	1,2	21	12,82	0,7	0,9	12
18,38	1,1	20	12,81	0,5	0,8	10
18,37	1,2	20	12,81	0,6	0,8	12

Datos obtenidos en el panel de 85W:

CONDICIÓN NOMINAL						
PANEL			BATERIA		CARGA	
Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tensión (V)	Corriente (A)	Corriente (A)	Potencia (W)
16,66	1,5	25	12,66	0,9	1	13
17,59	1,6	29	12,73	1,2	1	13
16,83	1,7	29	12,76	1,4	0,9	11
15,95	1,9	30	12,78	1,3	0,9	11
16,03	1,8	29	12,79	1,4	0,9	12

CONDICIÓN (SOMBRA ALEJADA)						
PANEL			BATERIA		CARGA	
Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tensión (V)	Corriente (A)	Corriente (A)	Potencia (W)
16,49	1,3	22	12,66	0,7	1	13
16,25	1,4	22	12,69	0,8	0,9	11
16,11	1,5	24	12,72	0,8	1	13
16,54	1,4	23	12,73	0,9	0,9	11
17,3	1,3	22	12,75	0,7	1	13

CONDICIÓN (SOMBRA CERCA)						
PANEL			BATERIA		CARGA	
Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Tensión (V)	Corriente (A)	Corriente (A)	Potencia (W)
17,65	0,8	15	12,62	0,2	1	13
16,94	0,9	15	12,66	0,2	0,9	11
16,95	0,8	14	12,66	0,2	0,8	10
17,41	0,7	13	12,67	0,1	1	13
17,41	0,8	13	12,67	0	0,9	11

Durante las pruebas en condición de sombra se constató que existe una pérdida de eficiencia considerable, por ejemplo en el panel de 150W entre condición nominal y sombra se reduce hasta 11W, dependiendo de la altura y sección de la sombra. Por otra parte en el panel 85W en condición nominal se obtuvo 25W y con sombra 22W.

La distancia y sección de sombra son las variables que limitan el rendimiento del panel, por ejemplo si la sombra es causada por un objeto a una distancia alejado panel, existirá una ligera pérdida de potencia en comparación de una sombra causada por un objeto a corta distancia.

Id	Modulo de trabajo	Nombre del tarea	Duración	Comienzo	Fin	Profe/Hombres de las	T3	T4	2022	T1	T2	T3	T4
26		Transferir a un pequeño datos	2 días	mar 9/8/22	mié 10/8/22	Blud Franco, Mariela Herrera						Blud Franco, Mariela Herrera	
27		Analizar los datos recopilados	8 días	mié 10/8/22	vie 19/8/22	Blud Franco, Mariela Herrera						Blud Franco, Mariela Herrera	
28		Preparar a elaborar el informe de la tesis	6 días	mié 18/8/22	mié 25/8/22	Blud Franco, Mariela Herrera						Blud Franco, Mariela Herrera	
29		Comenzar el desarrollo del estudio	6 días	jue 18/8/22	jue 25/8/22	Blud Franco, Mariela Herrera						Blud Franco, Mariela Herrera	
30		Medir el rendimiento del estudio	5 días	lun 22/8/22	vie 26/8/22	Blud Franco, Mariela Herrera						Blud Franco, Mariela Herrera	
31		Obtener los resultados	3 días	vie 26/8/22	mar 30/8/22	Blud Franco, Mariela Herrera						Blud Franco, Mariela Herrera	
32		Analizar con el informe de tesis	4 días	lun 1/9/22	jue 4/9/22	Blud Franco, Mariela Herrera						Blud Franco, Mariela Herrera	
33		Revisión con tutor de tesis	1 día	jue 4/9/22	jue 4/9/22	Blud Franco, Mariela Herrera						Blud Franco, Mariela Herrera	
34		Ajustar detalles del informe de tesis	3 días	jue 4/9/22	lun 8/9/22	Blud Franco, Mariela Herrera						Blud Franco, Mariela Herrera	
35		Presentar primer borrador de tesis	1 día	jue 11/8/22	jue 11/8/22	Blud Franco, Mariela Herrera						Blud Franco, Mariela Herrera	
36		Corregir detalles de la tesis	3 días	jue 11/8/22	lun 15/8/22	Blud Franco, Mariela Herrera						Blud Franco, Mariela Herrera	
37		Presentar segundo borrador	1 día	mar 16/8/22	mar 16/8/22	Blud Franco, Mariela Herrera						Blud Franco, Mariela Herrera	
38		Corregir detalles de segundo borrador	2 días	mar 16/8/22	mié 17/8/22	Blud Franco, Mariela Herrera						Blud Franco, Mariela Herrera	
39		Presentar informe de tesis final	1 día	mar 30/8/22	mar 30/8/22	Blud Franco, Mariela Herrera						Blud Franco, Mariela Herrera	

5.2. PRESUPUESTO

Proyecto	Análisis experimental del rendimiento de paneles solares fotovoltaicos bajo diferentes condiciones climáticas de Guayaquil		
Integrantes	Mariela Herrera - Blud Franco		Duración del proyecto seis meses

Costos directos	\$	695,59
Costos indirectos	\$	20,00
Reserva para riesgos	\$	200,00

Presupuesto	\$	715,59
Riesgo	\$	200,00
Total	\$	915,59

Costos Directos

Elemento	Tipo de recurso	Unidades	Precio por unidad	Costo
Reguladores Dome.	RD051 - Victron Energy BlueSolar	1	5246	58,76
	PWM-LCD&USB 12/24V-10A			
	SCC010010050			
Reguladores Prof.	RP060 - Victron Energy SmartSolar	1	15978	178,95
	MPPT 75/15 Retail (SCC07515060R)			
Baterías	BT051 - Ritar Power DC12-40 12Vdc	1	11756	131,67
	40Ah, 12Vdc 40Ah@20horas (AGM)			
Inversores	IN072 - Victron Energy Phoenix Inverter	1	18191	203,74
	12/250 120V VE.Direct NEMA 5-15R			
	PIN122510500			
Inversores de red				
Insumos Extras	Breaker DC 16A 2P C Curve, 10kA	2	2340	52,42
	800VDC			
Insumos Extras	Fusible Solar PV DC 16A (10X38) +	4	979	43,84
	Portafusible			
Insumos Extras	Breaker DC 32A 2P C Curve, 10kA	1	2340	26,21
TOTAL	800VDC			695,59

Costos Indirectos

Elemento	Tipo de recurso	Tipo de Unidad	Precio por unidad	Costo Indirecto
Estructura del módulo	Soporte del módulo	1	30	7,5
Papelería	Varios	1	50	12,5
TOTAL			80	20

CAPITULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Se diseñó una estructura con paneles desmontables, en las cuales se instalaran los componentes que conforman el sistema fotovoltaico.
- Se realizaron las simulaciones correspondientes a los dos paneles fotovoltaicos, obteniendo los diversos valores de operación que nos permitió conocer el comportamiento del mismo bajo las diversas condiciones ambientales que se perpetúan en el día a día de la ciudad de Guayaquil.
- Se realizaron las correspondientes simulaciones en PVSyst, obteniendo valores teóricos que se compararon con los datos obtenidos en los diferentes ensayos de funcionamiento.

6.2. RECOMENDACIONES

- Tener cuidado al momento de desmontar o montar los paneles de la estructura, de tal forma evitar dañar en los componentes o en las conexiones internas de los paneles.
- Realizar de forma correcta las conexiones entre los modulos, siguiendo lo señalado en los paneles y lo solicitado en las pruebas a realizar.
- Las protecciones están diseñadas de 10 amp para el panel y 15 amp para la carga, no exceder los valores mencionados.

7. CAPITULO

7.1. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. D. E. Y. MINAS, “BLOQUE DE ENERGÍAS RENOVABLES,” *BLOQUE DE ENERGÍAS RENOVABLES*, 2021. <https://www.recursosyenergia.gob.ec/ecuador-actualiza-el-bloque-de-energias-renovables-a-500-megavatios-con-potencial-de-inversion-por-usd-300-millones/#:~:text=“La topografía en Ecuador le, su propia energía eléctrica” indicó.>
- [2] R. Bhol, R. Dash, A. Pradhan, and S. M. Ali, “Environmental effect assessment on performance of solar PV panel,” 2015.
- [3] J. A. Pelayo López, A. Luna Soto, F. Bernabe Ramos, and B. Guzmán Flores, “Comparativa entre la eficiencia de un sistema fotovoltaico con seguimiento solar y la de un sistema fotovoltaico fijo,” *CIBA Rev. Iberoam. las Ciencias Biológicas y Agropecu.*, vol. 6, no. 12, pp. 115–140, 2018, doi: 10.23913/ciba.v6i12.71.
- [4] “RADIACIONESOLAR,” *Radiación solar en Guayaquil*, 2022. <https://www.radiacionsolar.es/>.
- [5] K. Schwab, *La cuarta revolución industrial*. 2016.
- [6] J. G. VELASCO, *ENERGÍAS RENOVABLES*. BARCELONA, 2009.
- [7] Agencia de Regulación y Control de Electricidad, “Atlas del sector eléctrico ecuatoriano 2018,” p. 136, 2018, [Online]. Available: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/08/Atlas2018.pdf>.
- [8] ENEL, “¿Qué es la energía solar y cómo funciona?,” 2018. <https://www.enel.pe/es/sostenibilidad/que-es-la-energia-solar-y-como-funciona.html>.
- [9] M. E. Fernández, “Radiación Solar en Bahía Blanca,” 2020, [Online]. Available: <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/5454>.
- [10] P. Instrument, “Medidor de radiación de energía solar PCE-SPM 1.” <https://www.pce->

iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-radiacion/medidor-radiacion-pce-spm1.htm.

- [11] L. O. Perpiñan, “Energía S Olar,” no. Mayo, 2014, [Online]. Available: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_1d24256d07c624c95ceb0a00d29fdb23.
- [12] ENDEF, “Tipos de instalaciones solares fotovoltaicas: ¿Cómo encontrar mi instalación ideal?” <https://endef.com/tipos-de-instalaciones-solares-fotovoltaicas-como-encontrar-la-ideal-para-mi/>.
- [13] C. A. La, R. E. D. Eléctrica, E. N. La, C. Omar, and B. Avila, *TUTOR* : 2019.
- [14] M. Larrea Bastera, U. Castro Legarza, and E. Álvarez Pelegry, “Instalaciones fotovoltaicas aisladas y conectadas a la red eléctrica,” *Orkestra*, p. 39, 2017, [Online]. Available: https://www.orkestra.deusto.es/images/investigacion/publicaciones/informes/cuadernos-orkestra/Instalaciones_Fotovoltaicas.pdf.
- [15] ECOGREENENERGY, “Instalación solar para sistema de alimentación de camarones en Ecuador,” 2021. .
- [16] J. A. Luceño-Sánchez, A. M. Díez-Pascual, and R. P. Capilla, “Materials for photovoltaics: State of art and recent developments,” *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 20, no. 4, 2019, doi: 10.3390/ijms20040976.
- [17] N. P. Cremasco *et al.*, “Estudo de diferentes tecnologias de células fotovoltaicas,” pp. 1–11, 2021.
- [18] M. Peñafiel, A. Joel, G. Bravo, and D. Andrés, “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL CARRERA DE ELECTRICIDAD FOTOVOLTAICOS APLICADOS AL ÁREA RESIDENCIAL EN UN SECTOR COSTERO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS , ECUADOR Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico Gu,” 2022.
- [19] CHILUIZA BRIONES VICTOR HUGO, “Implementación De Un Sistema Fotovoltaico Para Abastecer De Energía a Un Sector Rural Del Golfo De Guayaquil Mediante El Análisis De Carga Y Simulación Pór Software.,” 2022.

- [20] V. ENERGY, “SOLAR STORE.” .
- [21] Shayan Ebrahimi, Ali Moghassemi, and Javad Olamaei, “PV Inverters and Modulation Strategies: A Review and A Proposed Control Strategy for Frequency and Voltage Regulation,” *Signal Process. Renew. Energy*, vol. 4, no. 1, pp. 1–21, 2020.
- [22] R. Energia, “Inversores de Sistemas Aislados.” <https://www.renova-energia.com/categoria-producto/inversores/>.
- [23] “Inversores Y Baterías,” *Acad. las Renov.*, pp. 1–30, 2018, [Online]. Available: <https://www.santafe.gob.ar/ms/academia/wp-content/uploads/sites/27/2019/12/Módulo-4-Inversores-reguladores-baterías.pdf>.
- [24] Asociación Municipal de Colonos del Pato - AMCOP, “Informe de calculos para sistema solar fotovoltaico,” *Abb*, 2017.
- [25] N. H. Macias Meza, “VIABILIDAD DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO, COMO ALTERNATIVA DE MITIGACION DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LA GENERACION ELECTRICA DE MOTORES A DIESEL EN UNA CAMARONERA DEL PUERTO DEL MORRO EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS,” 2022.
- [26] natura energy, “Paneles Solares & Reguladores Solares MPPT y PWM.” .
- [27] P. BIENESTAR, “¿Qué impacto tienen las placas solares en el medio ambiente?” <https://portalbienestar.com/que-impacto-tienen-las-placas-solares-en-el-medio-ambiente/>.
- [28] A. R. De Elvira, “Clima y cambio climático,” *Ecosistemas*, vol. 10, no. 3, pp. 1–12, 2001.
- [29] AutoSolar, “Los paneles solares y la lluvia.” .
- [30] M. D. Soriano Soto, “Precipitación,” 2020.
- [31] E. Verde, “Tipos de precipitaciones.” .
- [32] C. Del Pero, N. Aste, and Fabrizio Leonforte, “The effect of rain on photovoltaic systems.”
- [33] M. Silva, “Modelado y estudio del impacto de sombras sobre paneles solares

fotovoltaicos,” 2020.

- [34] AutoSolar, “Cómo afectan las sombras en los paneles solares.” .
- [35] A. R. H. MARIEL and U. G. L. FERNANDO, “INFLUENCIA DE LA ACUMULACIÓN DE POLVO EN LA GENERACIÓN DE POTENCIA DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS,” 2021.

ANEXO

- Hoja de especificaciones de los Controladores de carga
- Hoja de especificaciones del inversor
- Hoja de especificaciones de la batería
- Hoja de especificaciones del panel de 150W

Controlador de carga BlueSolar PWM-LCD&USB 12/24V y 48V

www.victronenergy.com

Pantalla de cristal líquido

Para seguimiento y configuración

Salida de carga

Se puede evitar que la batería se descargue en exceso conectando todas las cargas a la salida de carga. Esta salida desconectará la carga cuando la batería se haya descargado hasta alcanzar una tensión preestablecida. Algunas cargas (especialmente los inversores) es mejor conectarlas directamente a la batería, y el control remoto del inversor a la salida de carga. Puede que se necesite un cable de interfaz especial; por favor, consulte el manual.

Las tensiones de conexión y desconexión son ajustables

Programación día/noche de la salida de carga

Esta opción permite preajustar el ON-time después del crepúsculo

Algoritmo de carga de batería programable

Algoritmos preprogramados para baterías AGM, GEL, inundadas o LiFePO4 (sólo con BMS interno)

Dos salidas USB de 5 voltios

Corriente máxima (ambas salidas juntas): 2A



**Controladores de carga BlueSolar
LCD&USB 12/24-5/10/20**



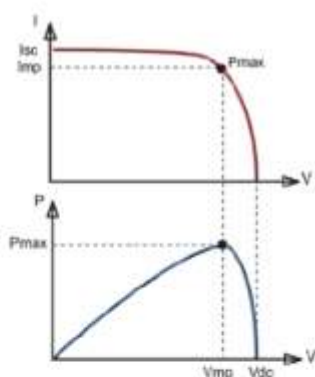
**Controladores de carga BlueSolar
LCD&USB 12/24-30 y 48-10/20/30**

BlueSolar PWM Controlador de carga	12/24-5	12/24-10	12/24-20	12/24-30	48-10	48-20	48-30
Tensión de la batería	12/24 V con detección automática de la tensión de entrada				48V		
Corriente de carga nominal	5A	10A	20A	30A	10A	20A	30A
Desconexión automática de las cargas consumidoras	SI						
Tensión solar máxima	28V / 55V (1)				100V (1)		
Autoconsumo	< 10 mA						
Salida de carga	Control manual + desconexión por baja tensión + temporizador						
Protección	Inversión de la polaridad de la batería (fusible)			Cortocircuito de salida		Sobretemperatura	
Protección contra sobrecarga	Desconexión tras 60 s en caso de alcanzar el 130% de carga						
	Desconexión tras 5 s en caso de alcanzar el 160% de carga						
	Desconexión inmediata en caso de cortocircuito						
Puesta a tierra	Positivo común						
Rango de temp. de funcionamiento	-35 to +60°C (carga completa)						
Humedad (sin condensación)	Máx. 95%						
BATERÍA							
Tensión de carga de "absorción"	Ajuste de fábrica: 14,4V / 28,8V				Ajuste de fábrica: 57,6V		
Tensión de carga de "flotación" (2)	Ajuste de fábrica: 13,7V / 27,4V				Ajuste de fábrica: 54,8V		
Desconexión de carga por baja tensión	Ajuste de fábrica: 11,2V / 22,4V				Ajuste de fábrica: 44,8V		
Reconexión de carga por baja tensión	Ajuste de fábrica: 12,6V / 25,2V				Ajuste de fábrica: 50,4V		
USB							
Tensión	5V						
Corriente	2A (total de 2 salidas)						
CARCASA							
Clase de protección	IP20						
Tamaño de los terminales	6 mm ² / AWG 16				16 mm ² / AWG 6		
Peso	0,15kg				0,3kg		
Dimensiones (al x an x p)	96 x 169 x 36 mm (3,8 x 6,7 x 1,4 pulgadas)				101x184x47mm (4,0 x 7,4 x 1,8 pulgadas)		
NORMAS							
Seguridad	EN60335-1, IEC 62109-1						
EMC	EN 61000-6-1, EN 61000-6-3, ISO 7637-2						
1) Para 12V utilice paneles solares de 36 células. Para 24V utilice paneles solares de 72 células, o 2 de 36 en serie. Para 48V utilice 2 paneles solares de 72 células o 4 de 36 en serie. 2) El controlador conmuta al nivel de tensión de flotación 2 horas después de alcanzada la tensión de absorción. Siempre que la tensión de la batería caiga por debajo de 13V, se inicia un nuevo ciclo de carga.							

Controlador de carga BlueSolar MPPT 75/10, 75/15 y MPPT 100/15



Controlador de carga solar
MPPT 75/15



Seguimiento del punto de potencia máxima

Curva superior:

Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V). El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de $I \times V$ alcanza su pico.

Curva inferior:

Potencia de salida $P = I \times V$ como función de tensión de salida. Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, e inferior a V_{mp} .

Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT, por sus siglas en inglés).

Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

Salida de carga

Se puede evitar que la batería se descargue en exceso conectando todas las cargas a la salida de carga. Esta salida desconectará la carga cuando la batería se haya descargado cuando llegue a una tensión preestablecida. También se puede optar por establecer un algoritmo de gestión inteligente de la batería: ver BatteryLife. La salida de carga es a prueba de cortocircuitos.

Algunas cargas (especialmente los inversores) pueden conectarse directamente a la batería, y el control remoto del inversor a la salida de carga. Puede que se necesite un cable de interfaz especial; por favor, consulte el manual.

BatteryLife: gestión inteligente de la batería

Cuando un controlador de carga solar no es capaz de recargar la batería a plena capacidad en un día, lo que sucede es que el ciclo de la batería cambia continuamente entre los estados "parcialmente cargada" y "final de descarga". Este modo de funcionamiento (sin recarga completa periódica) destruirá una batería de plomo-ácido en semanas o meses.

El algoritmo BatteryLife controlará el estado de carga de la batería y, si fuese necesario, incrementará día a día el nivel de desconexión de la carga (esto es, desconectará la carga antes) hasta que la energía solar recogida sea suficiente como para recargar la batería hasta casi el 100%. A partir de ese punto, el nivel de desconexión de la carga se modulará de forma que se alcance una recarga de casi el 100% alrededor de una vez a la semana.

Algoritmo de carga de batería programable

Consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web para más información.

Temporizador día/noche y opción de regulador de luminosidad

Consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web para más información.

Opciones de datos en pantalla en tiempo real

- Smartphones, tabletas y otros dispositivos Apple y Android: consulte "VE.Direct" y la mochila Bluetooth Low Energy
- Panel ColorControl



Controlador de carga BlueSolar	MPPT 75/10	MPPT 75/15	MPPT 100/15
Tensión de la batería	Selección automática: 12/24 V		
Corriente de carga nominal	10 A	15 A	15 A
Potencia FV máxima, 12V 1a,b)	135 W	200 W	200 W
Potencia FV máxima, 24V 1a,b)	270 W	400 W	400 W
Desconexión automática de la carga	SI, carga máxima 15 A		
Tensión máxima del circuito abierto FV	75 V	100 V	
Eficiencia máxima	98 %		
Autoconsumo	10 mA		
Tensión de carga de "absorción"	14,4 V / 28,8 V (ajustable)		
Tensión de carga de "flotación"	13,8 V / 27,6 V (ajustable)		
Algoritmo de carga	variable multitapas		
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.		
Corriente de carga continua/cresta	15A/30A		
Desconexión de carga por baja tensión	11,1 V / 22,2 V o 11,8 V / 23,6 V o algoritmo de BatteryLife		
Reconexión de carga por baja tensión	13,1 V / 26,2 V o 14 V / 28 V o algoritmo de BatteryLife		
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible) Corto circuito de salida / sobrecalentamiento		
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)		
Humedad	95 %, sin condensación		
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct		
	Consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web		
CARCASA			
Color	Azul (RAL 5012)		
Terminales de conexión	6 mm² / AWG10		
Tipo de protección	IP22 (área de conexiones)		
Peso	0,5 kg		
Dimensiones (al x an x p)	100 x 113 x 40 mm		
ESTÁNDARES			
Seguridad	EN/IEC 62109		
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada al máximo estipulado.			
1b) La tensión FV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador.			
Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.			

Inversores Phoenix

250VA – 1200VA 230V y 120V, 50Hz o 60Hz

www.victronenergy.com



Phoenix 12/375 VE.Direct



Phoenix 12/375 VE.Direct



Puerto de comunicación VE.Direct

El puerto VE.Direct puede conectarse a:

- Un ordenador (se necesita un cable de interfaz VE.Direct a USB)
- Smartphones Apple y Android, tabletas, mackbooks y demás dispositivos (se necesita una mochila VE.Direct a Bluetooth Smart)

Totalmente configurable:

- Niveles de disparo de la alarma y restablecimiento por tensión baja de la batería.
- Niveles de desconexión y reinicio por tensión baja de la batería.
- Desconexión dinámica: nivel de desconexión dependiente de la carga
- Tensión de salida 210 - 245V
- Frecuencia 50 Hz o 60 Hz
- On/off del modo ECO y sensor de nivel del modo ECO

Seguimiento:

- Tensión y corriente de entrada/salida, % de carga y alarmas

Fiabilidad probada

La topología de puente completo más transformador toroidal ha demostrado su fiabilidad a lo largo de muchos años.

Los inversores están a prueba de cortocircuitos y protegidos contra el sobrecalentamiento, ya sea debido a una sobrecarga o a una temperatura ambiente elevada.

Alta potencia de arranque

Necesaria para arrancar cargas como convertidores para lámparas LED, halógenas o herramientas eléctricas.

Modo ECO

En modo ECO, el inversor se pondrá en espera cuando la carga descienda por debajo de un valor predeterminado (carga mínima: 15W). Una vez en espera, el inversor se activará brevemente (ajustable; por defecto: cada 2,5 segundos). Si la carga excede el nivel predeterminado, el inversor permanecerá encendido.

Interruptor on/off remoto

Se puede conectar un interruptor On/Off remoto a un conector bifásico o entre el positivo de la batería y el contacto de la izquierda del conector bifásico.

Diagnóstico LED

Por favor, consulte el manual para obtener su descripción.

Para transferir la carga a otra fuente CA: el conmutador de transferencia automático

Para nuestros inversores de menor potencia recomendamos nuestro conmutador de transferencia automático Filax. El tiempo de conmutación del "Filax" es muy corto (menos de 20 milisegundos), de manera que los ordenadores y demás equipos electrónicos continuarán funcionando sin interrupción.

Disponible con tres tomas de corriente distintas

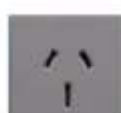
Schuko



UK



AU/NZ



IEC-320
(enchufe macho incluido)



Nema 5-15R



Bornes de tornillo

No se necesitan herramientas especiales para su instalación



Specification

Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	40Ah@20hr-rate to 1.75V per cell @25°C
Weight	Approx. 13.0 Kg (Tolerance ± 3%)
Internal Resistance	Approx. 8 mΩ
Terminal	F11(M6)-F4 (M6)
Max. Discharge Current	400A (5 sec)
Design Life	12 years (floating charge)
Maximum Charging Current	12.0 A
Reference Capacity	C3 28.7AH C5 33.5AH C10 38.0AH C20 40.0AH
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 offer 30% more cyclic life than the standby series. It is suitable for solar and wind renewable energy storage, mobility and medical equipment, V, telecom, broadband and cable TV, UPS systems etc.



Dimensions



Constant Current Discharge Characteristics : A(25°C)

F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	133.2	98.0	73.14	41.96	24.24	14.20	10.57	8.37	7.05	4.81	4.08	2.08
1.65V	128.3	94.73	70.95	41.08	23.79	13.96	10.41	8.25	6.97	4.76	4.04	2.06
1.70V	121.9	90.47	68.07	39.91	23.18	13.64	10.19	8.10	6.85	4.69	3.98	2.03
1.75V	113.3	84.77	64.21	38.33	22.35	13.20	9.90	7.89	6.69	4.59	3.91	2.00
1.80V	102.0	77.14	59.01	36.16	21.21	12.59	9.49	7.60	6.47	4.45	3.80	1.95
1.85V	86.71	66.73	51.84	33.06	19.59	11.72	8.90	7.17	6.14	4.25	3.65	1.88

Constant Power Discharge Characteristics : WPC(25°C)

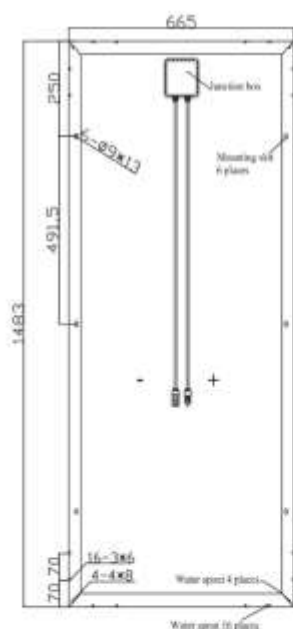
F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	226	167	128	76.2	45.3	26.9	20.2	16.1	13.6	9.40	8.02	4.09
1.65V	223	165	127	75.7	44.9	26.6	20.0	15.9	13.5	9.33	7.95	4.06
1.70V	215	160	123	74.0	44.0	26.1	19.6	15.7	13.3	9.20	7.85	4.02
1.75V	203	152	117	71.8	42.6	25.4	19.1	15.3	13.0	9.02	7.71	3.95
1.80V	186	141	109	68.4	40.6	24.3	18.4	14.8	12.6	8.77	7.51	3.86
1.85V	161	124	97	63.2	37.8	22.8	17.4	14.0	12.0	8.39	7.22	3.73

[Note] The above characteristics data are average values obtained within three chargedischarge cycle not the minimum values.



150 W Maximum Power

High Efficiency Poly-crystalline
Solar Module



BENEFITS

- High and stable conversion efficiency based on over 8 years professional experience.
- High reliability with guaranteed 0 - +3% output power tolerance.
- Proven materials, tempered front glass, and a sturdy anodized aluminum frame allow modules to operate reliably in multiple mountly configuration.
- Combination of high efficiency and attractive appearance.

QUALITY AND SAFETY

- 25-year output power warranty.
- ISO9001:2008 (Quality Management System) certified factory.
- IEC61215, Safety tested IEC61730, CE.
- Product Quality Warranty & Product Liability Insurance guarantee end users' benefit.

TEMPERATURE COEFFICIENTS

Temperature coefficients at 1000 W/m², 25 °C, air mass: 1.5

Voltage coefficient (V_{oc}) β - 0.35 %/K

Current coefficient (I_{sc}) α + 0.055 %/K

Power coefficient (P_{mp}) γ - 0.45 %/K

Minimum power tolerance 0 - + 3 %



SunLink PV Technology Co., Ltd.
Nanyuan Road, Zhangjiagang Economic Development Zone,
Jiangsu Province, 215600, China.
Tel: +86-512-58166568 58166566
Fax: +86-512-58166560
www.sunlink-pv.com

150 W Maximum Power

TECHNICAL DATA

Solar cell	36 poly-crystalline 156 × 156 mm
Front glass	3.2 mm tempered glass
Junction box	IP65 rated
Bypass-diodes	2 pieces
Output cables	900 mm length cable, compatible with MC-IV connectors
Frame	anodized aluminium
Weight	12 kg
Dimensions	1483 × 665 × 35 mm

WARRANTY AND CERTIFICATIONS

Warranty	10 years workmanship, 12 years 90%, 25 years 80% power warranty
Certifications	IEC61215, Safety tested IEC61730, CE

ELECTRICAL DATA

Module Type	SL110-12P150	SL110-12P145	SL110-12P140	SL110-12P135	SL110-12P130
Nominal peak power (P_{max})	150W	145W	140W	135W	130W
Nominal voltage (V_{nom})	17.2V	17.2V	17.2V	17.2V	17.2V
Nominal current (I_{nom})	8.72A	8.43A	8.14A	7.85A	7.56A
Open circuit voltage (V_{oc})	21.6V	21.6V	21.6V	21.6V	21.6V
Short circuit current (I_{sc})	9.25A	8.94A	8.64A	8.19A	8.02A
Module efficiency	15.1%	14.6%	14.1%	13.6%	13.1%
Operating Temperature	-40~+85°C	-40~+85°C	-40~+85°C	-40~+85°C	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1000 V DC	1000 V DC	1000 V DC	1000 V DC	1000 V DC

STC: Irradiation: 1000 W/m², module temperature: 25 °C, air mass: 1.5 (EN 60904-3)

Maximum power (P_{max})	108W	105W	101W	97W	94W
Nominal voltage (V_{nom})	16.5V	16.5V	16.5V	16.5V	16.5V
Nominal current (I_{nom})	6.56A	6.34A	6.12A	5.91A	5.69A
Open circuit voltage (V_{oc})	19.9V	19.9V	19.9V	19.9V	19.9V
Short circuit current (I_{sc})	6.89A	6.66A	6.43A	6.10A	5.97A

NOCT: Irradiation: 800 W/m², module temperature: 45 °C, air mass: 1.5

Performance under weak light conditions (200 W/m²): ENEC EN 504-1: 85.3 % or higher of the STC efficiency (1000 W/m²) is achieved

PACKING CONFIGURATION

Container	20'GP	40'GP
Pieces per pallet	30	30
Pallets per container	14	30
Pieces per container	420	900

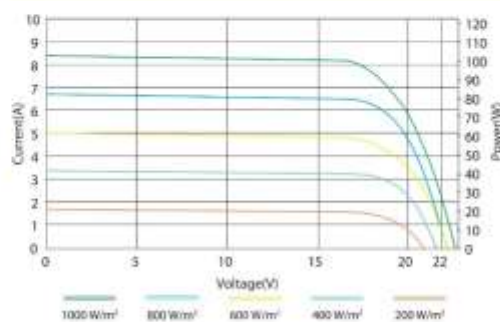
EXAMPLES OF APPLICATION

- Grid-connected systems, for E.G.
 - Residential solar power systems.
 - Public and industrial solar power systems.
- Solar power stations.

CAUTION: Read Safety And Installation Instructions Before Using The Product.
© April 2012 SunLink PV Technology Co., Ltd. All rights reserved.
Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

♻️ Printed on recycled paper.

Current-Voltage & Power-Voltage Curve (SL110-12P145)





TYN-85S5

High Quality
Mono-Crystalline
Photovoltaic Module



Feature

1. Bypass diode minimizes the power drop by shade.
2. The conversion efficiency of solar cell is above 15.9%.
3. White tempered glass, EVA resin, weather proof film and anodized aluminum frame to provide efficient protection from the severest environmental conditions.
4. Waterproof (UL94, V-0). Perfect for grid applications.
5. Product guarantee 5 years.

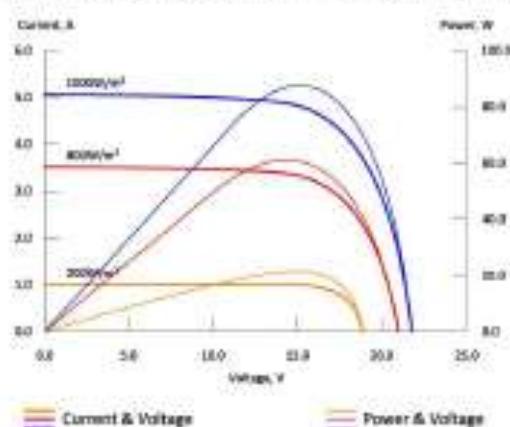
SPECIFICATION

Type Of Module	TYN-85S5
Maximum Power [W]	85
Tolerance [%]	Plus
Open circuit Voltage [V]	21.96
Short circuit Current [A]	5.06
Maximum Power Voltage [V]	18.22
Maximum Power Current [A]	4.67
Module Efficiency [%]	12.77
Solar Cell Efficiency [%]	15.9
Series Fuse Rating [A]	12
Terminal Box	IP65
Maximum System Voltage [V]	DC1000
Operating Temperature [°C]	-40 to 85

* The measuring uncertainty of Pmax is $\pm 2\%$

Electrical Characteristics

Current-Voltage & Power-Voltage characteristics various irradiance levels



Electric Performance Typical Performance Characteristics

Short Circuit Current Temperature Coefficient	mA/°C	+2.5
Open Circuit Voltage Temperature Coefficient	V/°C	-0.0735
Maximum Power Temperature Coefficient	%/°C	-0.4

Performance Warranty :

90%output, 12 Years

80%output, 25 Years

Quality Assurance

1. Electrical insulation test.
2. Outdoor exposure test.
3. Hot-spot endurance test.
4. UV-exposure.
5. Thermal cycling test.
6. Humidity freeze test.
7. Damp heat test.
8. Robustness of terminations test.
9. Wet leakage current test.
10. Mechanical load test.
11. Hail impact test.
12. Bypass diode thermal test.

Physical Specifications

Dimension :

Length :

1206 mm / 47.48 in

Width :

552 mm / 21.73 in

Depth :

50 mm / 1.97 in

Weight :

8 kg / pcs

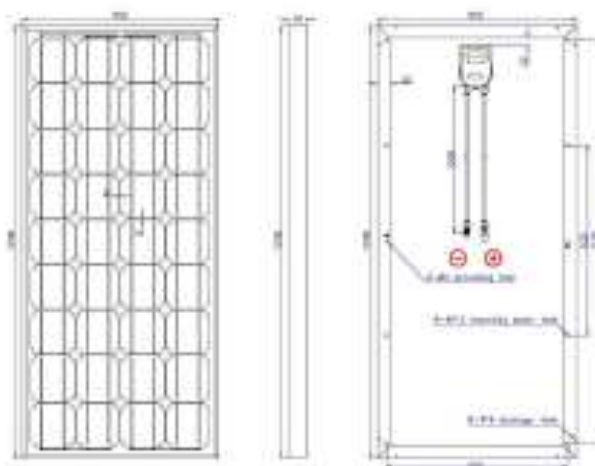
Packing :

10 pcs / carton

Loading Capacity :

320 pcs / 20ft container

720 pcs / 40ft container



Tynsolar Corporation

No.. 620, Sec. 6, Jhonghua Rd., Siangnan District, Hsinchu City 300, Taiwan R.O.C.

Website: <http://www.tynsolar.com.tw>

Tel : 886-35-181686

Fax: 886-35-181196