



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“INSTALACIÓN Y ABASTECIMIENTO ELÉCTRICO MEDIANTE UN
SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA ILUMINACIÓN DE UN
PARQUEADERO PRIVADO”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTOR:

PAULO CÉSAR REYES MARURI

Riobamba – Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“INSTALACIÓN Y ABASTECIMIENTO ELÉCTRICO MEDIANTE UN
SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA ILUMINACIÓN DE UN
PARQUEADERO PRIVADO”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTOR: PAULOCÉSAR REYES MARURI

DIRECTOR: Ing. MSc. EDWIN VINICIO ALTAMIRANOS SANTILLÁN

Riobamba – Ecuador

2021

©2021, Paulo César Reyes Maruri

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, **Paulo César Reyes Maruri**, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 01 de Octubre del 2021



Paulo César Reyes Maruri

172344928-4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación: tipo: Dispositivo Tecnológico, “**INSTALACIÓN Y ABASTECIMIENTO ELÉCTRICO MEDIANTE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA ILUMINACIÓN DE UN PARQUEADERO PRIVADO**”, realizado por el señor **PAULO CÉSAR REYES MARURI**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

| | FIRMA | FECHA |
|--|--|---|
| <p>Ing./ Jorge Vicente Yuquilema Illapa PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</p> | <p>.....</p> | <p>18-October-2021 </p> |
| <p>Ing./MSc. Edwin Vinicio Altamirano Santillán DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</p> | <p>  EDWIN VINICIO ALTAMIRANO SANTILLAN </p> | <p>18-October-2021 </p> |
| <p>Dr. Geovanny Estuardo Vallejo Vallejo MIEMBRO DEL TRIBUNAL</p> | <p>  GEOVANNY ESTUARDO VALLEJO VALLEJO </p> | <p>18-October-2021 </p> |

DEDICATORIA

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres César Reyes y Rosita Maruri, por ser el pilar fundamental de mi vida, por hacer de mí una persona de bien, por brindarme su confianza desde el primer momento que ingrese a la ESPOCH, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la paciencia, por la motivación constante que me ha permitido seguir adelante, pero más que nada, por su amor.

A mi hermana, Mayra, por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

A mis sobrinos, Edurne e Issac Castillo Reyes, que han formado parte de mi motivación para seguir superándome.

A mis queridos primos, Diego Hidalgo Reyes y Gabriela Gómez, por el apoyo incondicional que han sabido brindarme siempre, los aprecio y quiero mucho.

A la familia Pino-Reyes, de manera especial a mis tíos Susana Reyes y Luis Pino quien han sabido acogerme como un hijo más, este logro también es suyo.

Paulo

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por acompañarme y guiarme a lo largo de mi carrera profesional, por brindarme salud y sabiduría en todo este proceso y haberme permitido llegar hasta este punto tan importante para mí.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por darme la oportunidad de estudiar y llegar a ser profesional.

A mis tan queridos padres, Cesar Reyes y Rosita Maruri, no me alcanzaría la vida para agradecerles por todos papitos, los amo con todo mí ser.

A mi hermana, Mayra, gracias por las palabras de aliento en todo momento.

A mi tía Susana Reyes, muchas gracias, Dios le pague por tanto tía.

Al Ingeniero Edwin Vinicio Altamirano, por sus enseñanzas, confianza, paciencia y apoyo a lo largo del desarrollo de este trabajo de titulación, de igual forma al Doctor Geovanny Estuardo Vallejo como al Ingeniero Jorge Vicente Yuquilema, por el apoyo durante este proceso.

A mis amigos (Uds. saben), en especial a María José Arias que, con su paciencia y cariño sincero, hicieron de la vida politécnica, uno de los mejores recuerdos que me voy a llevar conmigo siempre, muchas gracias, Dios les pague.

Quedo eternamente agradecido con cada uno de ustedes.

Paulo

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|-------------------------|-------------------------------|
| ÍNDICE DE TABLAS..... | x |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| ÍNDICE DE ANEXOS | xiv |
| RESUMEN | ¡Error! Marcador no definido. |
| ABSTRACT..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| INTRODUCCIÓN | ¡Error! Marcador no definido. |

CAPÍTULO I

| | |
|---|-------------------------------|
| 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL | ¡Error! Marcador no definido. |
| 1.1. Historia de la energía solar | ¡Error! Marcador no definido. |
| 1.2. Energía solar en el Ecuador..... | 5 |
| 1.3. Fuentes renovables de energía..... | 6 |
| 1.3.1. <i>Energía primaria no contaminante o renovable</i> | 6 |
| 1.4. Proyectos con paneles solares fotovoltaicos en el Ecuador | 8 |
| 1.5. Razones para continuar con el desarrollo de las tecnologías en energía solar | 8 |
| 1.6. Centrales de generación fotovoltaica | 9 |
| 1.6.1. <i>Emisiones de Co2 al ambiente</i> | 9 |
| 1.7. Costo de energía eléctrica | 10 |
| 1.8. Fundamentos de la energía solar fotovoltaica | 11 |
| 1.8.1. <i>El sol</i> | 12 |
| 1.8.2. <i>Evaluación de la radiación solar disponible</i> | 13 |
| 1.8.3. <i>Constante solar</i> | 13 |
| 1.9. Energía solar fotovoltaica | 14 |

| | | |
|---------|---|----|
| 1.9.1. | <i>Radiación solar</i> | 15 |
| 1.9.2. | <i>Irradiación</i> | 17 |
| 1.9.3. | <i>Irradiancia solar</i> | 18 |
| 1.9.4. | <i>Insolación</i> | 18 |
| 1.9.5. | <i>Heliofanía</i> | 19 |
| 1.10. | Tipos de sistemas fotovoltaicos | 20 |
| 1.10.1. | <i>Sistema fotovoltaico aislado de la red</i> | 20 |
| 1.10.2. | <i>Sistema fotovoltaico conectado a la red</i> | 21 |
| 1.11. | Que es un panel fotovoltaico | 21 |
| 1.11.1. | <i>¿Cómo funciona un panel fotovoltaico?</i> | 22 |
| 1.12. | Tipos de paneles solares fotovoltaicos | 24 |
| 1.12.1. | <i>Monocristalino</i> | 24 |
| 1.12.2. | <i>Policristalino</i> | 24 |
| 1.12.3. | <i>Cristal amorfo</i> | 25 |
| 1.13. | Elementos de un sistema de generacion fotovoltaica | 26 |
| 1.13.1. | <i>Generador fotovoltaico</i> | 26 |
| 1.13.2. | <i>Regulador de carga</i> | 27 |
| 1.13.3. | <i>Inversor de carga</i> | 28 |
| 1.13.4. | <i>Baterias</i> | 29 |
| 1.13.5. | <i>Elementos de proteccion del circuito</i> | 31 |
| 1.13.6. | <i>Fusibles</i> | 31 |
| 1.13.7. | <i>Breakers</i> | 33 |
| 1.13.8. | <i>Iluminarias</i> | 34 |

CAPÍTULO II

| | | |
|--------|--|----|
| 2. | PROPUESTA Y DISEÑO DE PROTOTIPO | 36 |
| 2.1. | Requerimientos para la implementación del sistema electrónico | 36 |
| 2.2. | Concepción general del diseño del sistema electrónico | 36 |
| 2.3. | Etapas que componen el sistema fotovoltaico | 37 |
| 2.3.1. | <i>Etapas de captación de sol</i> | 38 |

| | | |
|--------|---|-------------------------------|
| 2.3.2. | <i>Etapa de monitoreo</i> | 38 |
| 2.3.3. | <i>Etapa de almacenamiento o carga</i> | 38 |
| 2.4. | Diseño del sistema fotovoltaico | 39 |
| 2.5. | Determinación de cargas en el parqueadero privado .;Error! Marcador no definido. | |
| 2.6. | Cálculo del recurso solar;Error! Marcador no definido. | |
| 2.7. | Orientación de los paneles | 43 |
| 2.8. | Creación y construcción de soporte de paneles solares | 44 |
| 2.9. | Selección del hardware que conforman el sistema SFV | 45 |
| 2.10. | Paneles solares | ;Error! Marcador no definido. |
| 2.11. | Regulador de carga | 47 |
| 2.12. | Inversor de carga DC/AC | 47 |
| 2.13. | Selección de baterías | 50 |
| 2.14. | Selección de reflectores | 52 |
| 2.15. | Dimensionamiento de los conductores | 53 |
| 2.16. | Dimensionamiento de las protecciones | 54 |
| 2.17. | Montaje del sistema SFV | 56 |
| 2.18. | Montaje de iluminación | 59 |

CAPÍTULO III

| | | |
|------|---|----|
| 3. | VALIDACIÓN DE PROTOTIPO | 61 |
| 3.1. | Validación de voltajes de los paneles | 61 |
| 3.2. | Prueba del inversor de carga | 64 |
| 3.3. | Prueba de carga y descarga de baterías | 65 |
| 3.4. | Estabilidad del sistema SFV | 67 |
| 3.5. | Prueba de Iluminación | 68 |

CAPÍTULO IV

| | | |
|-------------|-----------------------------------|-----------|
| 4. | EVALUACIÓN ECONÓMICA | 71 |
| 4.1. | Análisis de Costos | 71 |
| 4.2. | Rentabilidad..... | 72 |
| | CONCLUSIONES..... | 76 |
| | RECOMENDACIONES..... | 78 |
| | BIBLIOGRAFÍA | |
| | ANEXOS | |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1-2: Cargas del parqueadero privado | 40 |
| Tabla 2-2: Radicación por regiones | 40 |
| Tabla 3-2: Irradiación en la ciudad de Riobamba | 41 |
| Tabla 4-2: Irradiación en el parqueadero privado | 42 |
| Tabla 5-2: Coordenadas y características geográficas y climáticas del parqueadero..... | 43 |
| Tabla 6-2: Ángulos de inclinación recomendados para paneles solares | 44 |
| Tabla 7-2: Características de los paneles solares | 46 |
| Tabla 8-2: Características del inversor | 49 |
| Tabla 9-2: Características de la batería..... | 51 |
| Tabla 10-2: Característica de los reflectores..... | 53 |
| Tabla 11-2: Características del cable conductor | 54 |
| Tabla 1-3: Validación del voltaje de los paneles solares..... | 62 |
| Tabla 2-3: Voltaje en circuito abierto mostrado en multímetro digital | 63 |
| Tabla 3-3: Voltaje de los paneles conexión en paralelo, medido con multímetro digital | 64 |
| Tabla 4-3: Voltaje de las baterías, mostrado en multímetro digital..... | 66 |
| Tabla 5-3: Tiempo de carga de la batería..... | 66 |
| Tabla 6-3: Tiempo de descarga de la batería | 67 |
| Tabla 7-3: Eficacia y eficiencia luminosa de los reflectores | 70 |
| Tabla 1-4: Valores de pago en efectivo | 71 |
| Tabla 2-4: Valor de pago mensuales | 72 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|---------------------|--|----|
| Figura 1: | Prototipo tentativo para la implementación | 3 |
| Figura 2: | Posible distribución de las lámparas en el parqueadero | 3 |
| Figura 1-1: | Equivalencia energía solar en comparación con la producida por gasolina..... | 7 |
| Figura 2-1: | Huertas Solares..... | 9 |
| Figura 3-1: | Generación eléctrica con un panel fotovoltaico | 11 |
| Figura 4-1: | Variación del ángulo del sol durante un año..... | 13 |
| Figura 5-1: | Atlas solar en Ecuador..... | 15 |
| Figura 6-1: | Espectro de radiación electromagnética..... | 16 |
| Figura 7-1: | Radiación global..... | 17 |
| Figura 8-1: | Ejemplo de radiación solar diaria con valores equivalentes HSP..... | 19 |
| Figura 9-1: | Componentes de un sistema fotovoltaico aislado de la red | 20 |
| Figura 10-1: | Componentes de un sistema fotovoltaico conectado a la red | 21 |
| Figura 11-1: | Composición de un arreglo fotovoltaico..... | 22 |
| Figura 12-1: | Campo eléctrico creado en una célula fotovoltaica mediante la unión P-N | 23 |
| Figura 13-1: | Curva IV y PV para un módulo fotovoltaico típico a 1,000 W/m ² y 25°C | 23 |
| Figura 14-1: | Panel formado con celdas de silicio monocristalino | 24 |
| Figura 15-1: | Panel formado con celdas de silicio policristalino | 25 |
| Figura 16-1: | Panel formado con celdas de silicio amorfo | 25 |
| Figura 17-1: | Generador fotovoltaico..... | 26 |
| Figura 18-1: | Regulador de carga..... | 27 |
| Figura 19-1: | Inversor de carga | 28 |
| Figura 20-1: | Baterías solares..... | 29 |
| Figura 21-1: | Banco de baterías..... | 30 |
| Figura 22-1: | Fusibles, valores más comerciales | 32 |
| Figura 23-1: | Breaker..... | 33 |
| Figura 24-1: | Breakers, valores más comerciales | 34 |
| Figura 25-1: | Ejemplo de luminarias..... | 34 |
| Figura 1-2: | Concepción general del sistema SFV | 37 |
| Figura 2-2: | Diagrama general del sistema electrónico | 38 |
| Figura 3-2: | Información Riobamba del software PVGIS | 39 |
| Figura 4-2: | Insolación promedio anual en el cantón Riobamba | 40 |
| Figura 5-2: | PVGIS, lugar exacto de la instalación | 42 |

| | |
|---|----|
| Figura 6-2: Ubicación satelital del parqueadero privado | 43 |
| Figura 7-2: Estructura para los paneles solares | 44 |
| Figura 8-2: Panel solar de 270W | 46 |
| Figura 9-2: Inversor 1kW hibrido | 50 |
| Figura 10-2: Batería solar 150Ah..... | 52 |
| Figura 11-2: Reflector LED 100W..... | 53 |
| Figura 12-2: Cable conductor 3x14..... | 54 |
| Figura 13-2: Portafusible y fisible 32A..... | 55 |
| Figura 14-2: Termomagnético Schneider..... | 56 |
| Figura 15-2: Elementos solares entregados..... | 57 |
| Figura 16-2: Ensamble del marco de la estructura | 57 |
| Figura 17-2: Ensamble de la estructura de paneles..... | 58 |
| Figura 18-2: Estructura de los paneles solares | 58 |
| Figura 19-2: Reflectores pared izquierda | 59 |
| Figura 20-2: Reflector pared frontal..... | 59 |
| Figura 21-2: Conexión de los reflectores..... | 60 |
| Figura 22-2: Diagrama de bloques explicativo del sistema SFV | 60 |
| Figura 1-3: Voltaje de los paneles en circuito abierto | 62 |
| Figura 2-3: Voltaje de los paneles en paralelo | 63 |
| Figura 3-3: Voltaje de funcionamiento del inversor..... | 64 |
| Figura 4-3: Voltaje de salida del inversor | 64 |
| Figura 5-3: Voltaje de funcionamiento de las baterías | 65 |
| Figura 6-3: Reflectores ubicados en el parqueadero | 67 |
| Figura 7-3: Breaker 20A reflectores..... | 67 |
| Figura 8-3: Cantidad de lm del reflector | 68 |
| Figura 9-3: Lx recomendados según el tipo | 69 |
| Figura 10-3: Reflectores encendidos en el parqueadero | 70 |
| Figura 1-4: Tarifas empresas eléctricas..... | 71 |
| Figura 2-4: Regulación Conelec..... | 72 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|---------------------|----|
| Ecuación 1-1: | 14 |
| Ecuación 1-2 | 41 |
| Ecuación 2-2 | 46 |
| Ecuación 3-2 | 47 |
| Ecuación 4-2 | 49 |
| Ecuación 5-2 | 50 |
| Ecuación 6-2: | 51 |
| Ecuación 1-3 | 70 |
| Ecuación 1-4 | 73 |
| Ecuación 2-4 | 73 |
| Ecuación 3-4 | 74 |
| Ecuación 4-4 | 74 |
| Ecuación 5-4 | 74 |
| Ecuación 6-4 | 74 |

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: HOJA DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PANELES.

Anexo B: HOJA DE DATOS TÉCNICOS DEL PANEL 270W.

Anexo C: HOJA DE DATOS TÉCNICOS DEL INVERSOR 1KVA.

Anexo D: HOJA DE DATOS TÉCNICOS DE LAS BATERIAS 150Ah.

Anexo E: PROFORMA DE ELEMENTOS DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO DE LA EMPRESA SISPROMED.

Anexo F: PROFORMA DE ELEMENTOS DEL SISTEMAS SOLAR FOTOVOLTAICO DE LA EMPRESA SHARK ELECTRONICS.

Anexo G: PROFORMA DE ELEMENTOS DEL SISTEMAS SOLAR FOTOVOLTAICO DE LA EMPRESA FRENDLY ENERGY.

Anexo H: INVERSOR Y CAJA DE PROTECCIONES DEL SISTEMA SFV.

RESUMEN

Este trabajo tiene como fin implementar la instalación y abastecimiento eléctrico mediante un sistema fotovoltaico para la iluminación de un parqueadero privado. En este contexto se evaluó los requerimientos de consumo energético del parqueadero privado y en base de la determinación del potencial energético del sol de la localidad, con esto se logrará una correcta evaluación del funcionamiento de este. Las partes y componentes del sistema fueron dimensionados mediante cálculos para garantizar la salida de la potencia establecida, como, por ejemplo, la salida de voltaje de los paneles solares debe ser ≥ 40 voltios en corriente continua para ingresar al inversor para suministrar de energía a dos baterías de 12 voltios y 150 amperios-hora. El inversor es el dispositivo que produce la energía eléctrica de 120 voltios en corriente alterna, con el cual se encenderán los reflectores que darán luz al parqueadero con la finalidad de tener una vida útil de 25 años como establece el fabricante. Los resultados del estudio se centraron en la no agresividad ecológica reducir los impactos ambientales al utilizar energía solar como una fuente no contaminante capaz de lograr un desarrollo social, además con los resultados medidos y observados se presenta como alternativa viable el uso de nuevas fuentes de energía dentro de la matriz energética del país. Del análisis económico realizado se determina que la tasa de retorno inmediata del sistema si se vende a las empresas eléctricas por los altos costos del equipo sería de 4 años. Se recomienda el estudio de fuentes renovables de energía (solar, eólica, hidráulica, geotérmica, biomasas, otras) en nuestro país son viables de utilizar por la gran cantidad de potencial energético disponible gracias a su ubicación geográfica.

Palabras claves: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA> <SISTEMAS FOTOVOLTAICOS (FVS)> <ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES (ERN)> <RADIACIÓN SOLAR> <RIOBAMBA (CANTÓN)>.



Firmado electrónicamente por:
**HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA**

1638-DBRA-UPT-2021

2021-08-25

ABSTRACT

The purpose of this research project was to install an electrical supply using a photovoltaic system to provide lighting to a private parking lot. In this context, the energy consumption requirements of the private parking lot were evaluated and based on the determination of the energy potential of the sun in the parking lot location, a correct evaluation of its functioning will be achieved. The parts and components of the system were dimensioned by calculations to guarantee the output of the established power, such as, for example, the voltage output of the solar panels must be ≥ 40 volts in direct current to enter the inverter to supply power to two 12-volt, 150-amp hour batteries. The inverter is a device that produces 120 volt alternating current electrical energy, which will turn on the reflectors that will light the parking lot, with the aim of achieving a useful life of 25 years as established by the manufacturer. The results of the study focused on the ability of ecological non-aggressiveness to reduce environmental impacts by using solar energy as a non-polluting source capable of achieving social development. Furthermore, the measured and observed results demonstrate that the use of new energy sources is a viable alternative within the country's energy matrix. The economic analysis determined that the immediate rate of return for the system, if it were to be sold to electricity companies would be 4 years, largely due to the high costs of the equipment. It is recommended that there is further research into renewable energy sources (solar, wind, hydraulic, geothermal, biomass, among others) in our country, given that such sources are feasible to invest in due to the large amount of energy potential available in this geographical area.

Keywords: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES> <PHOTOVOLTAIC SYSTEMS (PVS)> <NON-CONVENTIONAL RENEWABLE ENERGIES (NCRE)> <SOLAR RADIATION> <RIOBAMBA (CANTON)>.



Firmado electrónicamente por:

**LENIN
IVAN LARA**

INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años la historia se repite en cada evento, lo cierto es que la energía ha facilitado el desarrollo de la humanidad y prácticamente se ha considerado el pilar fundamental del proceso productivo y económico de la sociedad, la utilización constante de energías renovables (solar, eólica, hidráulica, entre otras) nos permite entender porque el ser humano no se cansa de investigar el gran beneficio de este tipo de energía. Hoy en día el mundo trabaja a un ritmo acelerado, bajo la directriz del enfoque consumista que está relacionado de manera directa con la propagación de los problemas ambientales entre ellos el proceso del calentamiento global, contaminación del agua, aire, la propagación de las lluvias acidas, el incremento del efecto invernadero e incluso la mala eliminación de los residuos radiactivos, lo cual exige una pronta solución que permita experimentar cambios considerables.

El aumento evidente de la demanda energética, hoy por hoy es un verdadero desafío a nivel global, considerando que el 80% de la demanda actual de energía primaria a nivel mundial proviene de la quema de combustibles fósiles e hidrocarburos derivados del petróleo lo que evidencia que el sistema energético aproximadamente emite dos tercios de CO₂ a nivel global, por esta razón, el desarrollo de energías alternativas, se ha caracterizado por ser un sistema excluyente de contaminación lo que ha permitido su posicionamiento en los últimos tiempos.

La difusión de gases tóxicos es perjudicial para el medio ambiente y la vida diaria, la emanación de estos gases producto de la combustión de fósiles para la producción de energía eléctrica, se ha convertido en un problema crítico debido a su asociación con enfermedades tales como: conjuntivitis, cefaleas, afecciones al sistema cardiaco y nervioso, entre otros y que pueden ser mitigadas gracias a la implementación de sistemas sostenibles y amigables con el medio ambiente.

Ecuador es un país cuyo abastecimiento energético es de manera tradicional dentro de este marco, le ha apostado a la restauración de la matriz energética para reemplazar el consumo de combustible fósil por un 51,78% de energía renovable, a pesar de todas estas acciones aun no existen empresas generadoras de fuentes renovables de energía para así reducir la carga contaminante al ambiente y apoyar el objetivo de la matriz energética ecuatoriana.

La energía es un pilar fundamental para el progreso humano, en la actualidad el acceso energético es uno de los puntos claves en la agenda pública, política, económica y social, en Ecuador aún se estima que existen poblaciones que no cuentan con este servicio básicos, ya que es considerado un indicador de bienestar poblacional.

El costo, la contaminación y la rápida disminución de los combustibles fósiles e incluso el cambio climático han llevado a considerar el uso de energías alternativas como una opción para la sociedad a si lo menciona el Plan Toda una Vida 2017 - 2021 donde se busca reducir la dependencia de productos derivados de energías fósiles, y, así, modificar el patrón de producción y acumulación sin descuidar los límites biofísicos y ciclos naturales.

Buscar una alternativa, ha hecho mirar al Sol, el cual es una fuente natural de energía que mantiene vivo al planeta, emite continuamente una potencia de 62 mil 600 Kilowatts por cada metro cuadrado, de su superficie, de hecho se estima que en un periodo de tan solo dos días, el planeta recibe una cantidad de energía equivalente a las grandes reservas existentes de petróleo, carbón y gas lo cual nos hace imaginar del enorme potencial que posee el sol para satisfacer las necesidades energéticas a gran escala y a largo plazo. Por lo tanto, es aquí donde la ingeniería busca contribuir con las herramientas necesarias para frenar los problemas ambientales, en este contexto la construcción e implementación de tecnologías amigables con el ambiente como por ejemplo la construcción de paneles solares fotovoltaicos capaces de constituirse como un sistema infinito de energía ya que permite una mayor difusión de la misma e ideal para hogares, industrias, negocios, entre otros.

Con la presente investigación se busca contribuir a mejorar el acceso recursos renovables que se presenta en el sector industrial, comercial y del hogar en el país, mediante la instalación de un sistema de generación de electricidad en base a la implementación de un sistema fotovoltaico.

Ecuador es un país privilegiado con un enorme aprovechamiento del potencial solar que posee, el mercado solar ecuatoriano se ha desarrollado hasta hace poco sobre todo en la creación de instalaciones para los sectores rurales lo que ha permitido incrementar el uso de sistemas alternativos para la reducción de la contaminación y promover el crecimiento de energía limpia en Ecuador.

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La energía fotovoltaica es implementada por los países en vías de desarrollo para obtener energía eléctrica limpia en hogares y fábricas, en la presente propuesta de investigación, se propone la implementación de un sistema fotovoltaico para el abastecimiento y acceso de energía eléctrica en un parqueadero privado.

La propuesta de investigación se enmarca en los lineamientos de conservación del medio ambiente y la reducción de las emisiones de CO₂, además de permitir generar un mecanismo de acceso a energía eléctrica limpia y perdurable en el tiempo para el beneficio del parqueadero.

JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

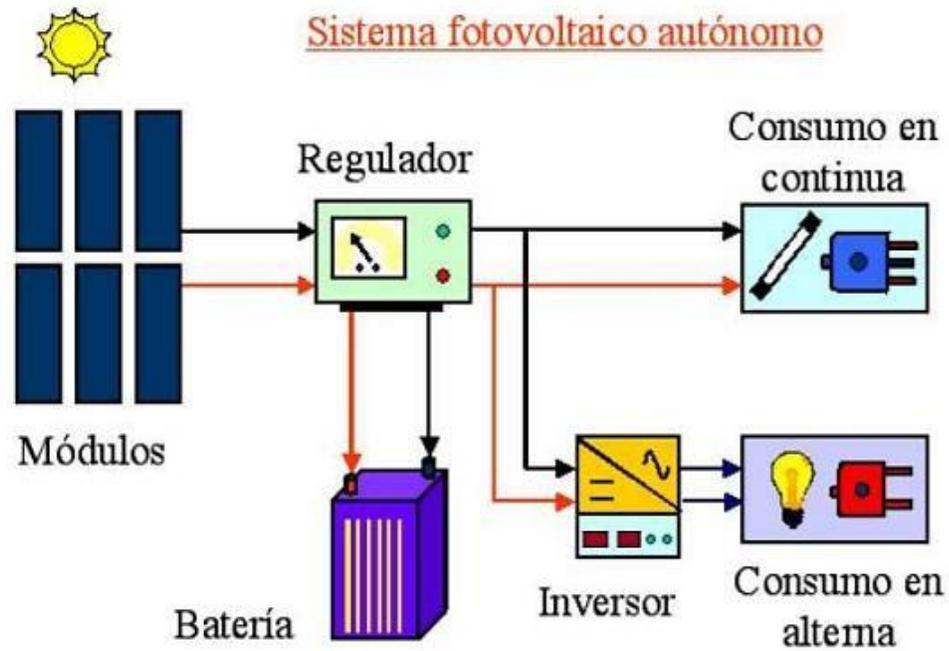


Figura 1: Prototipo tentativo para la implementación.
Fuente: (Trujillo.P, 2010)

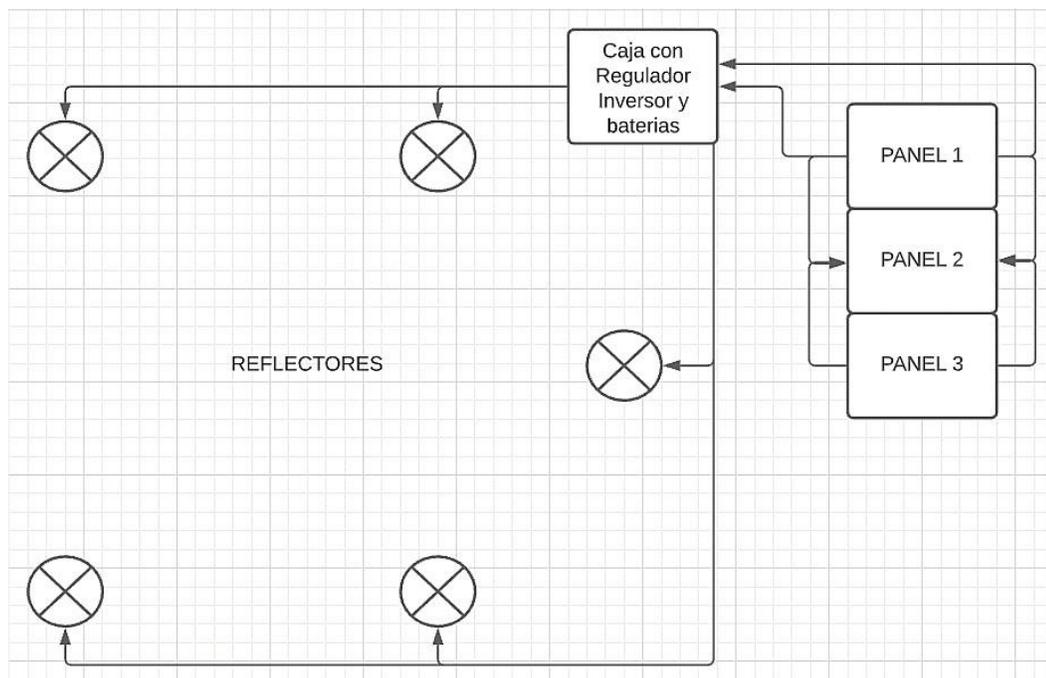


Figura 2: Posible distribución de las lámparas en el parqueadero.
Fuente: (Lucidchart.com, 2021)
Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

Esta investigación se realiza a raíz de la necesidad de incorporar y mejorar el sistema de eléctrico de una vivienda que brinda un servicio de parqueadero, mediante la utilización de un sistema fotovoltaico puedan acceder a energía eléctrica limpia para el funcionamiento del parqueadero.

El mismo que será capaz de funcionar de forma autónoma por un periodo largo de tiempo, debido al sistema de baterías que ayudaran a que funcione el sistema cuando la cantidad de luz solar sea escasa. Se describe los elementos instalación eléctrica del parqueadero privado. También se hace una descripción sobre los procesos de abastecimiento eléctrico mediante el uso de paneles fotovoltaicos en la construcción. Se realizará una inspección al lugar de la instalación, analizando el mejor lugar para ubicar al sistema con las respectivas luminarias.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el beneficio que tendrá una instalación y abastecimiento eléctrico mediante un sistema fotovoltaico para la iluminación de un parqueadero privado?

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

- ¿Qué requerimientos de hardware necesarios para la instalación del sistema fotovoltaico en el parqueadero privado?
- ¿Cuáles son los fundamentos básicos que se requieren para el uso del sistema fotovoltaico en el abastecimiento eléctrico?
- ¿Qué pruebas serán necesarias para evaluar el correcto funcionamiento del sistema a instalarse?

OBJETIVOS GENERALES

Implementar la instalación y abastecimiento eléctrico mediante un sistema solar fotovoltaico para la iluminación de un parqueadero privado.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Conocer los fundamentos básicos que se requieren para el uso del sistema fotovoltaico en el abastecimiento eléctrico.
- Analizar los requerimientos de hardware necesarios para la instalación del sistema fotovoltaico en el parqueadero privado.
- Realizar las pruebas necesarias para evaluar el correcto funcionamiento del prototipo a instalarse.

CAPITULO I

1. MARCO TEORICO REFERENCIAL

1.1 Historia de la energía solar

Desde el comienzo de la humanidad ha dependido de las energías para su supervivencia, es así que, desde el apareamiento del fuego, el hombre pudo controlar los diferentes procesos. El hombre al ser un ente biológico, social y espiritual depende del desarrollo de energía para la realización de sus actividades, la radiación solar se constituye como un complemento para el proceso biológico, agrícola, productivo, así como la fuerza del viento o del agua son requeridas para el funcionamiento de los antiguos o actuales equipos de generación eléctrica. (Chávez.M, 2012)

La energía solar fue utilizada en la antigüedad en diferentes aplicaciones, desde la agricultura, calendarios, instrumentos para calcular tiempo, hasta las mismas guerras, un ejemplo de esta fue en el año 212 a.C. en donde el físico, inventor, ingeniero y matemático griego Arquímedes de Siracusa atacó mediante un mecanismo de reflexión de luz solar a varias embarcaciones romanas, incendiándolas y sacando ventaja en la batalla. (Chávez.M, 2012)

Durante décadas se ha sentido la dependencia del petróleo como combustible de diferentes tipos de transportes ya sean terrestres, marítimos o aéreos y como combustible para la generación de electricidad en plantas eléctricas. Cabe citar que el carbón a principios del siglo XX fue utilizado como el generador energético principal el cual cubrió en un 70 % aproximadamente las necesidades globales en esta época. Los indicadores energéticos permiten visualizar el proceso de desarrollo de los países en bases a la densidad poblacional, al desarrollo económico y al avance tecnológico para identificar futuras acciones. (Aulestia.L y Celi.M, 2017)

1.2 Energía solar en el Ecuador

El Ecuador es un país con tradición de abastecimiento de energía renovable (hidroeléctricas) combinado con un porcentaje de energía no renovable, posicionándose como un país rico en recursos energéticos. El régimen ecuatoriano ha optado por direccionar los objetivos de la matriz energética donde se pretende desarrollar fuentes de energía alternativa para otorga mayor seguridad energética, sostenible, con un proceso de innovación a menor costo para el país. Uno de los cimientos más importantes en la actualidad es la de defender los recursos naturales ya que en el pasado empresas extranjeras explotaban los mismos y lucraban desmesuradamente sin criterio de pertenencia, el resultado fue un fuerte impacto ambiental en el país. (Senplades, 2017-2021)

El potenciar la implementación de energía limpia contribuye a ser mucho más auto eficientes con el consumo de energía eléctrica, existen varias fuentes de energía inagotables como, por ejemplo, energía fotovoltaica, energía eólica, biomasa, biogás, energía del mar, energía geotérmica, energía undimotriz y bioetanol, ante estos nuevos escenarios es necesario considerar la posición geográfica y el impacto ambiental para el proceso de planificación de alguno de ellos.

El crecimiento de los procesos de implementación de sistemas fotovoltaicos se ha evidenciado en los últimos años en comparación con otros procesos de producción de energía tradicional, una de las ventajas a simple vista en la obtención de energía sustentable donde el sol es la principal fuente de energía inagotable y disponible para todo el planeta tierra. Como lo explica Neri en su investigación los sistemas fotovoltaicos no producen ruido ni emisiones contaminantes lo que establecería como un sistema apto y amigable para el medio ambiente además de ser constituirse como una instalación a bajo costo. (Neri, 2016)

El proceso de cambio en la matriz productiva nacional está vinculado a las actuales políticas públicas del sector energético las cuales están dirigidas asegurar la producción de energía sustentable, renovables (energía eólica, solar, geotérmica, de biomasa) con el objetivo de desarrollar una diversificación. Energética para la sociedad considerando el panorama actual y futuro de Ecuador. (Conelec, 2013-2022)

Ecuador es un país con grandes proyectos energéticos y uno de ellos se inauguró el 18 de noviembre del 2016 en el Gobierno de Rafael Correa, al cual se le denomino Coca Codo Sinclair ubicada en la amazonia (Napo y Sucumbíos) con el objetivo de realizar un aprovechamiento energético cuya producción sea de 1500MW para lograr un abastecimiento a nivel nacional. (Universo, 2016)

1.3 Fuentes Renovables de energía

Con las fuentes renovables de energía la recuperación tarda un periodo corto de tiempo a diferencia de las fuentes no renovables como el petróleo que tardan por ejemplo (millones de años). (Chávez.M, 2012)

Al referirnos a fuentes renovables de energía, queremos decir que su capacidad es ilimitada. (Egas.J, 2014) y se encuentra de manera poco común en el mundo, su uso está aún limitado, no desarrollado tecnológicamente en su totalidad en algunos países y sus altos costos para ser implementados a gran escala, es uno de sus principales inconvenientes. Entre las energías no convencionales con mayor potencialidad en el país se tiene: la energía solar, la biomasa y la geotermia. (MEER, 2014) Vale resaltar

que la implementación de un sistema con fuentes renovables de energía no es rentable a corto plazo. (Oñate.F, 2014)

Se menciona que el desarrollo fotovoltaico, es una capacidad añadida en más de 50 países lo que permite que la energía fotovoltaica se considere una de las tecnologías con mayores crecimientos en generación de energía, a diferencia de los combustibles fósiles.

El campo de los combustibles fósiles se fundamenta en dos factores:

- Densidad
- Conveniencia

En la Figura 1-1 se evidencia la equivalencia de energía solar en comparación con la producida por gasolina.

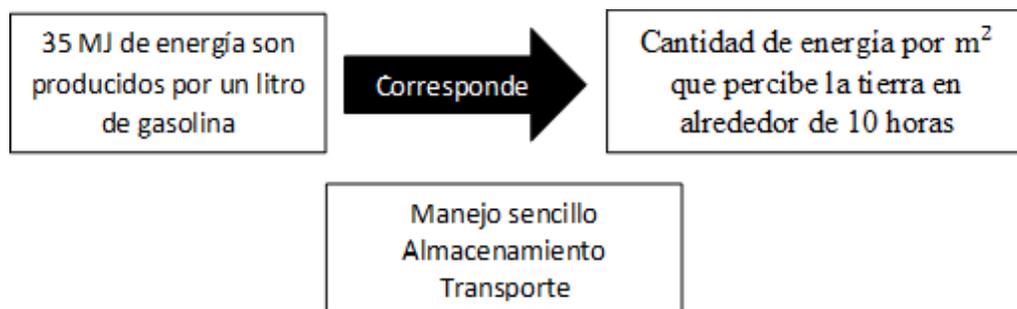


Figura 1-1: Equivalencia energía solar en comparación con la producida por gasolina.
Fuente: (Cieza.Br, 2019)

Es necesario ser los promotores de proyectos que sean amigables con el ambiente en el país ya que, en un corto tiempo, los métodos de generación de energía eléctrica mediante fuentes renovables de energía será una exigencia ambiental ya que se normalizo en la Legislación Ambiental Ecuatoriana. En la sección segunda de Ambiente sano el Art. 15 menciona que “el estado promoverá, en el sector público y privado, el uso tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto”. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

El vencimiento de producción petrolera en los campos de mayor producción, campos conocidos como maduros, exige a considerar el futuro agotamiento del recurso petrolero el escenario nos pone a indagar en alternativas de recursos energéticos. En 2030, la oferta de electricidad se complementará con la implementación de pequeños proyectos de generación de energía con fuentes renovables tales como la hidroelectricidad, fotovoltaica, la eólica y biomasa. (Senplades, 2017-2021)

El Ecuador durante los últimos 6 años, ha cimentado bases para cubrir la demanda de electricidad nacional con manufactura propia fundamentada en energías con fuentes renovables, principalmente de la hidroeléctrica. (Semplades, 2013–2017)

1.3.1. Energía primaria no contaminante o renovable

El agua, el aire, el sol y la biomasa son los principales recursos de energía no contaminantes. (Tobajas, 2015)

El usar energías renovables es cada vez más común en nuestro mundo, debido a que se debe cuidar el medioambiente, y porque son las alternativas a futuro frente a las energías convencionales. (Martínez.J, 2014) Puesto que el uso de energía con combustibles fósiles es la causante de la contaminación. (Gonzales.E, 2008)

1.4 Proyectos energía fotovoltaica en Ecuador

En el Ecuador la implementación de un sistema de generación fotovoltaica, esta poco implementado a nivel industrial y comercial, debido al desconocimiento del funcionamiento y bondades que ofrece este tipo de tecnologías “nuevas”.

Entre los proyectos fotovoltaicos de Ecuador se encuentran:

- “Kapawi” Hotel Ecológico ubicado en el Oriente ecuatoriano.
- Sta. Cruz Garden complejo turístico ubicado en Galápagos.
- Paradas ecológicas distrito metropolitano de Quito.

1.5 Razones para continuar con el desarrollo de las tecnologías en energía solar

Disminución de la contaminación para reducir el efecto invernadero.

- Localidades independientes de países exportadores de combustibles fósiles.
- El agotamiento de la producción de petróleo.
- Los problemas encontrados en la extracción de los combustibles fósiles.
- Demanda de iniciativa de soporte (Cieza.Br, 2019)

1.6 Centrales de generación fotovoltaica

Las centrales fotovoltaicas son conocidas por crear una agrupación de instalaciones solares o huertos solares ubicadas en una zona específica con el fin de captar energía mediante paneles solares, estas instalaciones pueden generar al redor de 5Kw de energía dependiendo de la demanda que se presente, pero siempre se puede obtener mayor producción a comparación de las plantas estáticas. (Arenas.A y Zapata.H, 2011)



Figura 2-1: Huertas Solares

Fuente: («Energía Solar», vol. 15, n° 2, 2014)

La Figura 2-1 muestra que la ubicación del área es importante para la distribución y construcción de uno o varios sistemas los cuales llegaran a proporcionar una potencia total hasta los MW, de igual manera se debe considerar esta ubicación para la capacidad de transformación de los colectores de radiación solar a energía eléctrica. (Tobajas, 2015)

Este tipo de centrales presentan una particularidad relacionada con la producción de energía a gran escala además de producir niveles mínimos de contaminación por CO₂ contribuyendo a reducir la contaminación ambiental a diferencia de las plantas tradicionales de energía que usan combustibles fósiles (carbón o gas) para la producción de energía sostenible. (Jarauta.L, 2014)

1.6.1. Emisiones de Co₂ al ambiente

Según la comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Ecuador emite 1,9 toneladas métricas de CO₂ por habitante, lo que equivale un 0,1% de emisiones a nivel mundial. (MAE, 2017)

Ecuador representa el 0,1% de CO₂ en el mundo, aun así, es evidente el incremento de la temperatura

y la alteración del ciclo del agua por las emisiones de CO₂ producidas por el consumo de combustibles fósiles por la generación de eléctrica, de ahí la importancia de identificar la cuantificación de las emisiones del CO₂ debido a la producción termoeléctrica para la producción de energía eléctrica en Ecuador. (Evolución de las Emisiones de CO₂ Producido por el Parque Generador del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador para el Periodo 2010-2015., 2017)

Haciendo un enfoque en la matriz energética del país, se observa que el uso de energía fósil disminuye la capacidad de generación de energía hidroeléctrica, de ahí la importancia de cuantificar las emisiones de CO₂ debidas al uso de energía termoeléctrica para satisfacer los requerimientos de energía eléctrica del Ecuador. En el año 2015 la producción total neta de energía eléctrica para abastecer la demanda del Sistema Nacional Interconectado (SNI) fue de 2.254,9 GWh, con un factor de emisión de 0,6863 kg CO₂/kWh, provocando la emisión de 5'969.269 toneladas de CO₂, (Evolución de las Emisiones de CO₂ Producido por el Parque Generador del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador para el Periodo 2010-2015., 2017) con una matriz energética compuesta de la siguiente forma:

- Generación hidráulica: 55,95%
- Generación térmica en base a combustibles fósiles: 38,5%, de este porcentaje los más contaminantes que son el diésel, residuo y fuel oil provocaron el 83%
- Generación térmica en base de biomasa: 0,55%
- Generación en base a energía fotovoltaica y eólica: 3,75%
- Interconexión eléctrica con Colombia y Perú: 2,24% (Itaz.K, 2017)

1.7 Costo de la energía eléctrica

El costo de la energía eléctrica responde al Pliego Tarifario para las Empresas Eléctricas del periodo Enero – Diciembre 2020 de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (Arconel, 2020)

De acuerdo a las características de la demanda eléctrica, Comercial tiene una tarifa general de bajo voltaje con registrador de demanda horaria porque la potencia contratada no es superior a 10 kW, con medición semidirecta debido a que la señal de voltaje es la misma que la de la carga y la señal de corriente se la toma con transformadores de corriente y es de tipo bajo voltaje porque el voltaje entregado al usuario es inferior a 600V. (Arconel, 2020)

La categoría del cliente corresponde a “Categoría General”, perteneciente al literal “Comercial”, sin demanda y Escenarios Deportivos, sin demanda”, del plan tarifario vigente. De acuerdo a las

características mencionadas la tarifa utilizada es de 0,080 USD/kWh para el horario de 08h00 a 22h00 y de 0,066 USD/kWh para el horario de 22h00 a 08h00, con un costo de comercialización de 1,414 USD y costo por demanda de 4,186 USD/kW. (Arconel, 2020)

1.8 Fundamentos de energía solar fotovoltaica

La base de esta fuente de energía es el efecto fotoeléctrico, la energía solar fotovoltaica se obtiene de la luz solar mediante la absorción de la radiación solar para convertirla en energía eléctrica. (Menéndez.J y Llerena.M, 2015)

Como menciona el autor el proceso de captación de la radiación solar se lo realiza mediante las células solares construidas principalmente de silicio y en conjunto con el boro o fosforo se convierten en semiconductores de dos caras o lados, en un lado con exceso de electrones y en el otro con déficit de electrones. (Vásquez.C, 2014)

En la Figura 3-1 se muestra como los fotones de la luz solar impactan el lado cargado con exceso de electrones de la célula fotovoltaica haciendo que los electrones se desprendan y crucen hacia el lado con déficit de electrones, a este movimiento de electrones se conoce como corriente eléctrica continua.

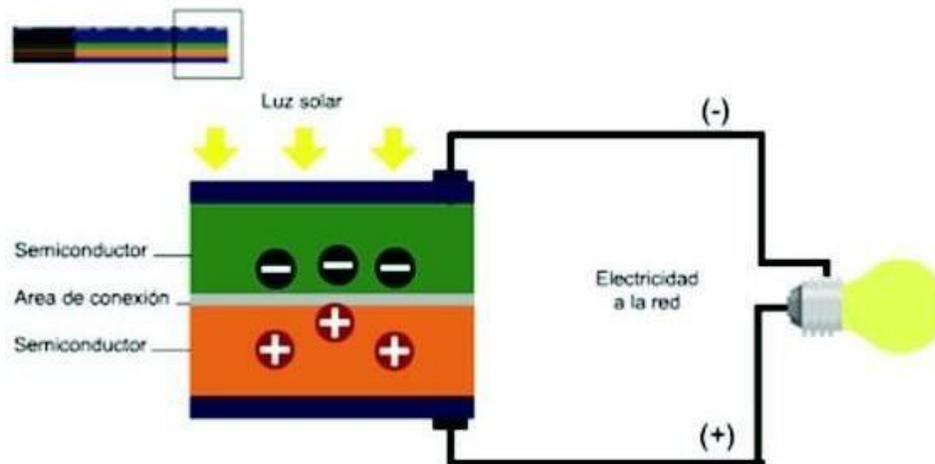


Figura 3-1: Generación eléctrica con un panel fotovoltaico

Fuente: (Energía solar fotovoltaica y energía solar térmica.)

Ventajas

- El recurso solar es gratuito.
- Es una energía renovable y limpia.
- No produce contaminación de gases ni ruido.
- Algunos casos bajo costo de operación y mantenimiento.
- Fácil instalación.
- No posee partes móviles.

Desventajas

- El recurso solar depende de la ubicación geográfica, estación del año y hora del día.
- Alto costo inicial.
- En periodos de ausencia de luz solar la capacidad de generación está limitada por la capacidad de los bancos de baterías
- Contaminación en el proceso de fabricación

La relación entre la corriente eléctrica generada y la incidencia de fotones es una relación directamente proporcional, de ahí lo indispensable de analizar el recurso solar disponible previo al dimensionamiento de un sistema fotovoltaico, (Energía solar fotovoltaica y energía solar térmica.) sus características son:

- Conciben electricidad directamente de la radiación solar.
- Los colectores son llamados paneles fotovoltaicos (PV).
- Construidos de obleas finas de material fotovoltaico. (Aulestia.L y Celi.M, 2017)

La energía solar fotovoltaica fomenta el desarrollo mundial y permite el acceso inmediato a energía, es por su hábitat escalable y limpia y, en circunstancias favorables, ya puede pugnar sin asistencias. («Energía Solar», vol. 15, n° 2, 2014) Según estudios se afirma que los sistemas de generación de energía solar fotovoltaica (dispositivos) pueden llegar a durar por tres décadas. (Arenas.A y Zapata.H, 2011)

En la actualidad, las células fotovoltaicas en su mayoría son construidas de silicio monocristalinos de gran pureza, el cual se obtiene de la arena la que es predominante en la naturaleza. Cabe explicar que el tratamiento para la purificación del silicio es aún muy costoso en estos días. (Las energías renovables son el futuro, 2004) Aunque, actualmente, los costos continúan disminuyendo, en un futuro no muy lejano esta tendencia continuará hasta ser accesible a toda la humanidad. (Arenas.A y Zapata.H, 2011)

El autor afirma que, a lo largo de los 10 últimos años, la capacidad fotovoltaica ha crecido en el mundo a una tasa estable de dos cifras. La capacidad instalada ha crecido 10 veces, y ha logrado llegar desde unos 15 GW en 2008 hasta más de 170 GW a finales de 2014. En 2014 la inversión anual total a nivel mundial culminó sobre los 83.000 millones de dólares. (Del generador al enchufe , 2014)

1.8.1 El sol

La vida del grande astro según la “NASA” actualmente un aproximado de 4.603 millones de años (Oñate.F, 2014), la composición del Sol es de 91% de hidrógeno, 6% de helio y aproximadamente un 3% del resto de elementos químicos, dentro del mismo se realizan millones de reacciones nucleares por medio de la fusión. (Aulestia.L y Celi.M, 2017)

El aprovechamiento del sol se enfoca a la captación térmica y fotovoltaica, ya que su temperatura es de 15.000.000°C en el centro, decreciendo hasta 6.000°C en la superficie, y volviendo a crecer hacia las capas más exteriores por tanto su luz tarda en llegar a la Tierra 8 min. (Ayala.E, 2011)

El sol es la única fuente de materia orgánica y la cual es vital para la vida en la Tierra, un ejemplo claro es la fotosíntesis donde utiliza la energía emanada del astro rey. (Chávez.M, 2012)

1.8.2 Constante solar

Es la energía del sol por unidad de tiempo recibida por unidad de área en una superficie perpendicular a la dirección de propagación de la radiación, a una distancia promedio entre la tierra y el sol, fuera de la atmósfera. (Simón.M, 2019)

La superficie de nuestro Planeta absorbe solamente una parte de esta energía radiante, aproximadamente un 15%, el resto de energía radiante la refracta a la atmósfera. A este fenómeno se lo conoce como constante solar (Chávez.M, 2012). Su valor aproximado anual es: 1368 kWh/m² con una tolerancia estimada de $\pm 1.5\%$ (Solar energy of thermal processes, 2013)

1.8.3 Evaluación de la radiación solar disponible

Itaz (2017) realizó una investigación donde indica que la línea equinoccial atraviesa el Ecuador, en esta latitud la variación del ángulo del sol durante todo el año es la menor en relación al resto de latitudes, esta variación del ángulo se debe al movimiento de traslación de la tierra y al ángulo del eje terrestre que dan lugar a los solsticios que corresponden a los periodos cuando el sol se encuentra más alejado de la línea ecuatorial y los equinoccios que es cuando el sol se encuentra perpendicular a la línea equinoccial como muestra la Figura 4-1. (Itaz.K, 2017)

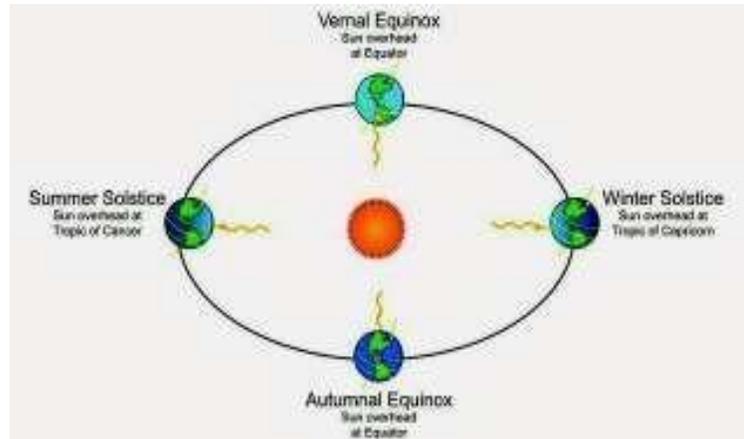


Figura 4-1: Variación del ángulo del sol durante un año.
Fuente: (Itaz.K, 2017)

La variación de la radiación solar se debe, principalmente, a variaciones de la energía emitida por el sol y cambios de distancia entre el sol y la tierra. La ecuación (1) propuesta por Spencer (1971). Para el cálculo de la irradiancia solar es:

$$G_{on} = G_{sc} \left(1 + 0.33 \cos \frac{360 \cdot n}{365} \right) \quad (1.1)$$

Donde:

- G_{on} = Es la irradiancia extraterrestre sobre un plano normal a la dirección de los rayos solares W/m^2 .
- n = Define el día del año (para este valor se debe considerar el solsticio ya sea del 21 de junio o 21 de diciembre del año).

Además, indica el autor que el ángulo de variación del sol es de 47 grados desde el solsticio de verano el 21 de junio hasta el solsticio de invierno el 21 de diciembre, pasando por los equinoccios del 21 de marzo y del 21 de septiembre, es decir; la variación máxima del ángulo del sol respecto a la línea ecuatorial es $\pm 23,5^\circ$ (Itaz.K, 2017) Por esta razón el lugar más propicio para la instalación de un sistema fotovoltaico es la línea ecuatorial, ya que en esta latitud existe mayor facilidad de coleccionar los rayos solares durante todo el año.

1.9 Energía solar fotovoltaica

Se define como energía solar fotovoltaica al proceso de obtener energía eléctrica a través de un objeto que permita absorber la radiación solar (panel fotovoltaico). Los módulos o colectores fotovoltaicos están constituidos por dispositivos semiconductores tipo “diodo”, los cuales al acoger radiación solar mediante un proceso químico se excitan y provocan saltos electrónicos; esto se conoce como efecto

fotoeléctrico. (Arenas.A y Zapata.H, 2011) Los electrones de la célula fotovoltaica absorben la energía de la luz y ciertos electrones salen al exterior produciendo corriente eléctrica continua. (Pérez.G, 2016)

Al darse este proceso se genera una pequeña diferencia de potencial en sus extremos. (Arenas.A y Zapata.H, 2011) La energía solar fotovoltaica es un tipo de energía inagotable, lo que ha permitido posicionarse como un proceso tecnológico de desarrollo e innovación durante los últimos años, como el resto de fuentes renovables. (Pérez.G, 2016)

La energía solar, que existe en el Planeta es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el sol. (Chávez.M, 2012) El sol es uno de los recursos más confiables para garantizar la eficiencia energética. Se conoce que la cantidad de energía solar que alcanza la superficie de la Tierra podría suministrar toda la necesidad mundial de energía de un año. (Itaz.K, 2017)

El Ecuador tiene altos niveles de radiación solar, como se ilustra en la Figura 5-1, según el Atlas Solar del Ecuador donde se detalla minuciosamente las especificaciones de radiación. (Valencia.M, 2018) La utilización de esta fuente para cubrir la demanda energética nacional es mínima, por lo que el país está perdiendo la oportunidad de convertir a la energía solar en su tercera fuente de energía, luego del petróleo y la hidroelectricidad. (Cevallos.C, 2017)

Japón en el año de 1994 fue el primer país que comenzó la implementación de las viviendas y las industrias con generadores fotovoltaicos. (Arenas.A y Zapata.H, 2011)

Como mencionan los autores para obtener la máxima energía de un panel solar es necesario operarlo en el punto de máxima potencia, donde el producto de la tensión fotovoltaica generada y la corriente extraída es un máximo. En operación normal este punto cambia continuamente, lo que requiere de un sistema de seguimiento del punto de máxima potencia para optimizar la operación del panel, esto se podría alcanzar con una estructura que se mueva ligeramente según la trayectoria del sol durante el día. (Nuevo sistema de control para el seguimiento del punto de máxima potencia en paneles solares basado en el control predictivo de corriente de convertidores cc-cc, 2011)

España al igual que Japón continuó con la investigación de este tipo de sistemas de generación de electricidad con energía solar fotovoltaica y su proyección fue 100.000 techos solares por una ley llamada: ley de Fuentes de Energía Renovable (EEG). (Arenas.A y Zapata.H, 2011)

ATLAS SOLAR DEL ECUADOR

Incluye la cuantificación del potencial solar disponible y con posibilidades de generación eléctrica.

Se detectan zonas con mayor potencial en las siguientes provincias:

- Imbabura
- Pichincha
- Santo Domingo
- Loja

Con los valores siguientes:

- Valor Máximo: 5 748 Wh/m²/día.
- Valor Mínimo: 3 634 Wh/m²/día.
- Valor Promedio: 4 575 Wh/m²/día.

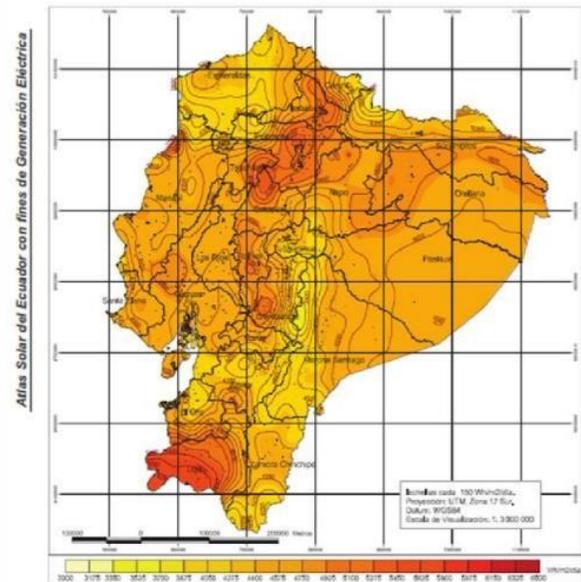


Figura 5-1: Atlas solar en Ecuador

Fuente: (Valencia.M, 2018)

La primera celda fotovoltaica fue construida en 1984 en los laboratorios Bell, se concluyó que fue una batería solar de muy alto costo, en la década de los 60's, (Aulestia.L y Celi.M, 2017) la industria aeroespacial usaba esta tecnología para generar electricidad a las naves espaciales, a partir de los 90's se empezó a usar los paneles en aplicaciones de energía fotovoltaica. (Ortiz.N, 2015)

1.9.1 Radiación solar

La radiación es un proceso de transmisión de ondas o partículas a través del espacio o de algún medio, se origina por el sol como fuente principal de luz y calor, para el estudio de los sistemas fotovoltaicos se considera la característica de onda de los fotones presentes que viajan y que constituyen el espectro electromagnético, el cual está formado desde los rayos gamma hasta las ondas de radio pasando por la luz visible. (Vásquez.C, 2014)

En la Figura 6-1, muestra la composición de los rayos solares es: 10 % ultravioleta, 40 % luz visible y 50 % infrarroja. La atmósfera dispersa y absorbe parte de la energía solar. La radiación infrarroja es absorbida por el vapor de agua y el CO₂, la ultravioleta es absorbida por el ozono y el 9.5 % de la radiación solar es luz visible e infrarroja. En las regiones húmedas del Ecuador, la componente difusa predomina, por lo que se recomiendan los sistemas PV y calentadores de agua. (Aulestia.L y Celi.M, 2017)

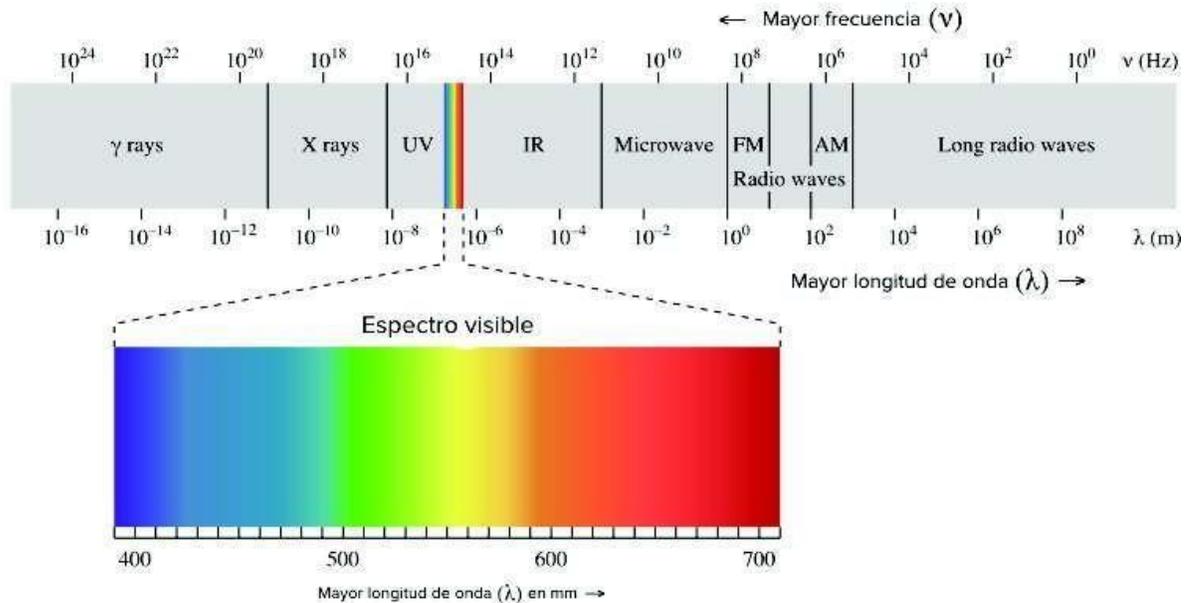


Figura 6-1: Espectro de radiación electromagnética
Fuente: (Academy.Khan, 2016)

Para cuantificar la radiación solar se introducen los conceptos de la irradiación y la irradiancia.

1.9.2 Irradiación

La irradiancia es una magnitud de energía radiante que está incidiendo sobre una superficie por unidad de área de la superficie se utiliza Wh/m^2 . (Aulestia.L y Celi.M, 2017)

Se debe destacar que la irradiación solar es conocida como insolación y corresponde a la radiación solar incidente por unidad de superficie en un intervalo de tiempo de un día, su unidad de medida estandarizada es $kWh/m^2 * día$ y matemáticamente representa la integral de la irradiancia en el intervalo de tiempo de un día. (Diaz.M, 2015)

La insolación total que llega al plano de la tierra se denomina insolación global y se divide en directa, difusa y reflejada, “la insolación directa es la irradiación que llega directamente del sol sin ninguna desviación que se puede observar en la luz solar del cielo despejado. La insolación difusa es la irradiación que llega a la superficie colectora cuya trayectoria ha sido modificada varias veces, como ejemplo se puede observar la luz que llega a la superficie en presencia de un cielo nublado. La insolación reflejada, conocida también como albedo, es la radiación solar que llega a una superficie como producto de los rayos de luz reflejados en objetos que se encuentren cerca al plano receptor”. (Itaz.K, 2017) La Figura 7-1, muestra la composición de la radiación de solar que llega al sistema de captación de energía fotovoltaica.

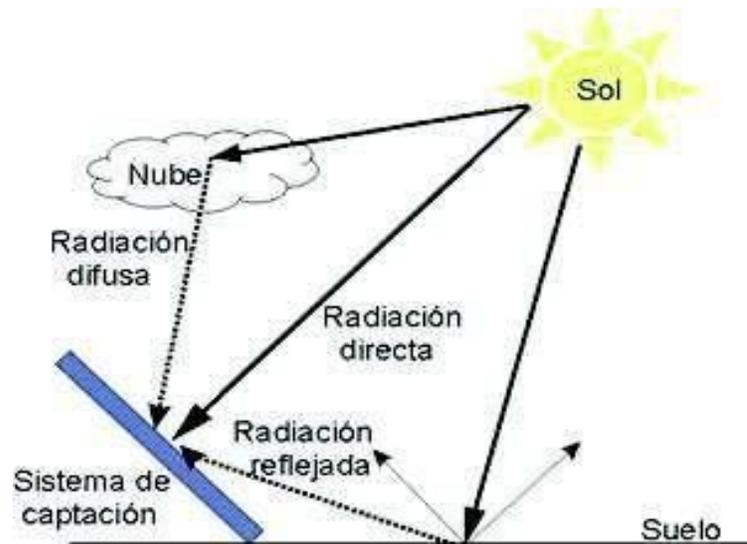


Figura 7-1: Radiación global

Fuente: (Solartronic.S.A., 2009)

Para realizar los cálculos se considera la radiación total como la suma de la radiación directa y difusa, despreciando la radiación reflejada ya que depende de los objetos que se encuentran alrededor de cada colector solar particularmente. (Díaz.M, 2015)

1.9.3 Irradiancia solar

Es la energía que incide en una unidad de área sobre una superficie, determinada por la integración de la irradiación en un tiempo específico, por día o por hora. (Vallejo.A, 2014) Cuya unidad de medida estandarizada es el kW/m², su valor dentro de la atmósfera es de 1 kW/m² y el valor promedio fuera de la atmósfera es de 1368 kW/m². (Pérez.G, 2016)

1.9.4 Insolación

Corresponde al conjunto de energía en forma de luz solar que llega a la Tierra en un día (insolación diurna) o en un año (insolación anual). (Pérez.D, 2009) Es un término aplicado, específicamente, a la radiación de energía solar. El símbolo H es utilizado para la insolación por día. El símbolo / es usado por un periodo de una hora. (Aulestia.L y Celi.M, 2017)

1.9.5 Heliofanía

Es la duración de brillo solar de la radiación directa o el número total de horas de sol que se pueden presentar en una determinada ubicación, se mide en horas de sol pico (HSP), que es el número de horas de sol a una irradiancia de $1\text{kW/m}^2 \cdot \text{día}$. (Tavares.J y Galdino.M, 2014)

El instrumento de medición utilizado para la cuantificación del brillo solar es el heliógrafo, el cual registra el tiempo en que se recibe la radiación solar. (Vásquez.C, 2014) En la Figura 8-1, se expone un ejemplo de la equivalencia entre la irradiación solar y las horas sol pico para las condiciones de un día soleado, nublado y lluvioso respectivamente. (Itaz. K, 2017)

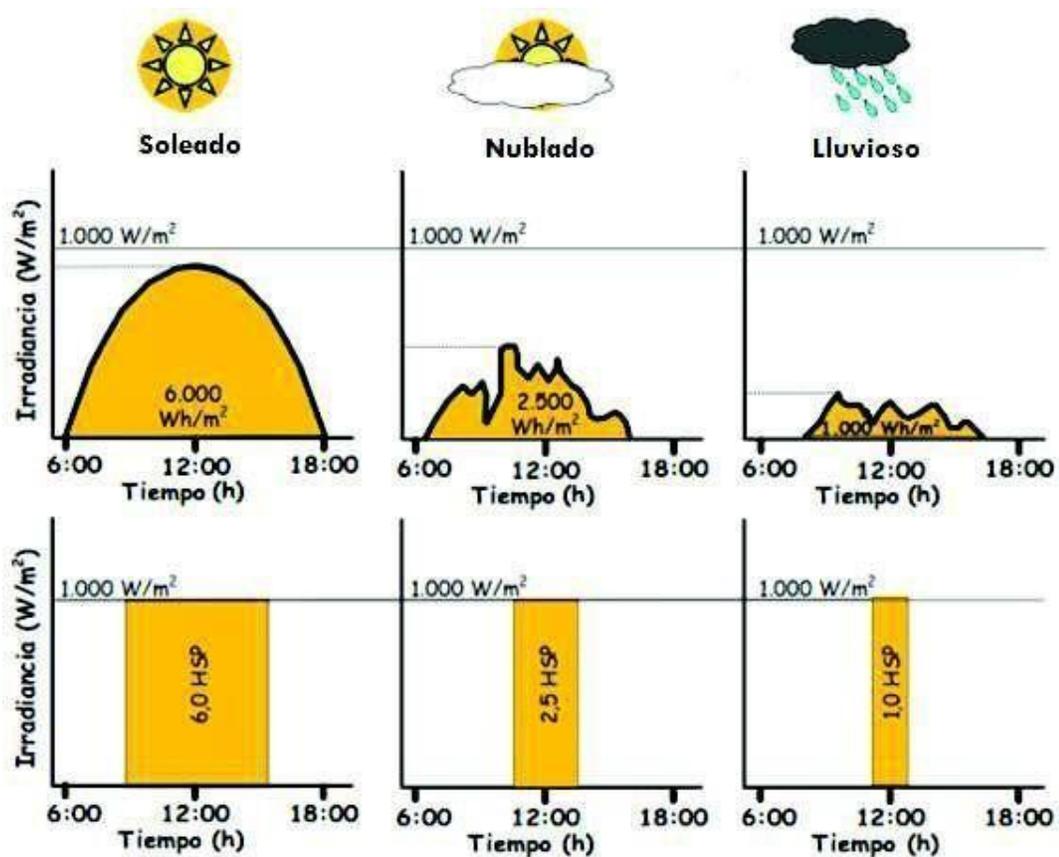


Figura 8-1: Ejemplo de radiación solar diaria con valores equivalentes HSP

Fuente: (Itaz.K, 2017)

1.10 Tipos de sistemas fotovoltaicos

En base a la disponibilidad de conexión con el generador fotovoltaico y la red eléctrica convencional se puede clasificar así en: sistemas fotovoltaicos aislados de la red eléctrica y sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica.

1.10.1 Sistema fotovoltaico aislado de la red

Los sistemas fotovoltaicos aislados son considerados un sistema de producción de energía renovable gracias a la fuente inagotable de energía solar, dicho sistema es un proceso de conexión libre de la red eléctrica convencional de ahí su denominación como “aislado” este sistema de generación de energía posee un costo rentable a comparación con la energía eléctrica tradicional, estos sistemas necesitan un proceso de construcción sencilla y rentable cuyos elementos son el inversor, paneles fotovoltaicos y un sistema de acumulación de energía amigable con el ambiente Figura 9-1.

El proceso de captación de energía en este sistema sostenible se realiza mediante la utilización de paneles solares y el almacenamiento de energía mediante las baterías instaladas. Por esto como lo señala Itaz en su investigación es necesario evaluar la potencia de estos sistemas que debe ser superior a la carga de tal manera que la generación de energía sea suficiente para abastecer la demanda de energía y que permita un almacenamiento para cuando los paneles solares no estén en proceso de captación y esta sea almacenada a largo plazo. (Itaz.K, 2017)

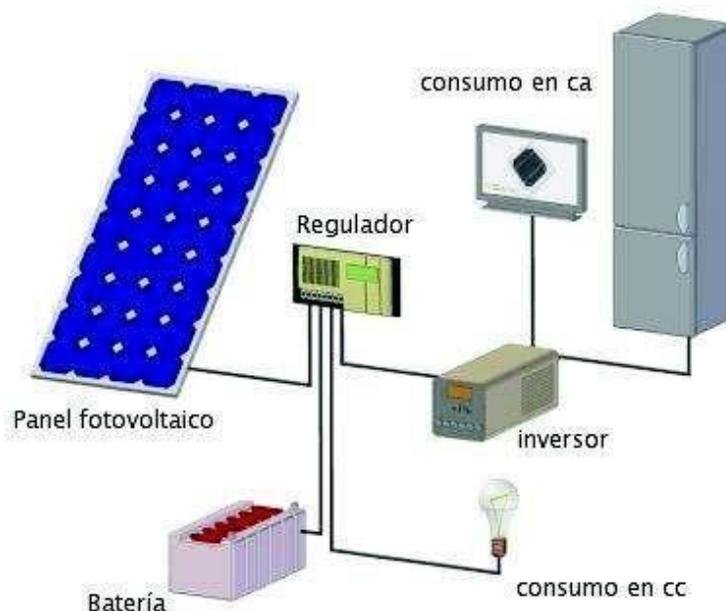


Figura 9-1: Componentes de un sistema fotovoltaico aislado de la red.

Fuente: (Itaz.K, 2017)

1.10.2 Sistema fotovoltaico conectado a la red

Es considerado un sistema con la capacidad de conectarse a la red eléctrica convencional en conjunto con paneles solares, el cual es considerado un sistema híbrido de tal manera que se integre ambas fuentes de energía para lograr un abastecimiento a largo plazo. El proceso de construcción se basa en la adaptación del inversor, el cual estará en una conexión sincrónica con el generador fotovoltaico y la red eléctrica convencional cuya conexión es bajo un sistema de voltaje.

La distribución de energía de este tipo de sistema se desarrolla de tal forma que la energía obtenida no supere la demanda ya que se necesitaría de la red eléctrica tradicional para el abastecimiento. (Itaz.K, 2017) Figura 10-1.



Figura 10-1: Componentes de un sistema fotovoltaico conectado a la red.
Fuente: (Itaz.K, 2017)

1.11 Que es un panel solar fotovoltaico

Una celda fotovoltaica es un dispositivo que permite transformar la energía luminosa (fotones) en energía eléctrica (electrones) (Pérez.D, 2009), ya sea directamente vía efecto fotovoltaico, o indirectamente mediante la previa conversión de energía solar a calor o energía química. (Martínez.J, 2014)

Los paneles fotovoltaicos se conectan en serie o en paralelo dependiendo de las características técnicas del inversor y de la carga a alimentar, los valores del voltaje del panel solar fotovoltaico varían durante las horas del día por motivos diversos, uno de ellos el clima, el cual gobierna en la cantidad de radiación que incida sobre los mismos. (Pacco.K, 2010) El arreglo fotovoltaico es un conjunto de paneles solares, cada panel solar es la unión de módulos fotovoltaicos y cada módulo es

la combinación de varias celdas fotovoltaicas. (Segura.J y Palacios.E, 2014) Como se puede ver en la Figura 11-1.

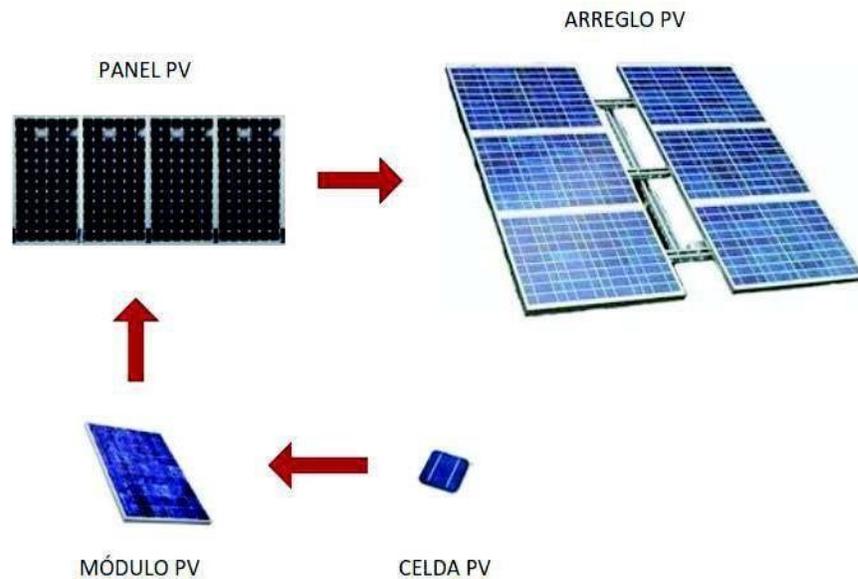


Figura 11-1: Composición de un arreglo fotovoltaico.
Fuente: (Segura.J y Palacios.E, 2014)

1.11.1 ¿Cómo funciona un panel solar fotovoltaico?

Como se mencionó antes, estos semiconductores son especialmente tratados para formar dos capas de silicio diferentes dopadas (tipo P y tipo N) forman una celda o célula solar fotovoltaica, a su vez, la unión de varias celdas solares forma el panel solar fotovoltaico Figura 12-1. (Pérez.D, 2009)

El interior de cada celda solar se halla construido de una capa delgada de silicio, (space charge región), al cual se le pueden incrustar impurezas logrando que quede dopado tanto con cargas negativas como de cargas positivas. (Itaz.K, 2017)

Entonces las celdas solares convierten la energía de la luz en energía eléctrica. El rendimiento de conversión, esto es, la proporción de luz solar que la celda convierte en energía eléctrica, es fundamental en los dispositivos fotovoltaicos, ya que el aumento del rendimiento hace que la energía solar fotovoltaica una energía más competitiva con otras fuentes. (Chávez.M, 2012) Estas celdas conectadas unas con otras, encapsuladas y montadas sobre una estructura soporte o marco, conforman un “módulo fotovoltaico”. (2019) Los módulos están diseñados para suministrar electricidad a un determinado voltaje y se puede obtener voltajes normalizados de 6, 12, 24, 36 o 48 voltios. (Itaz.K, 2017)

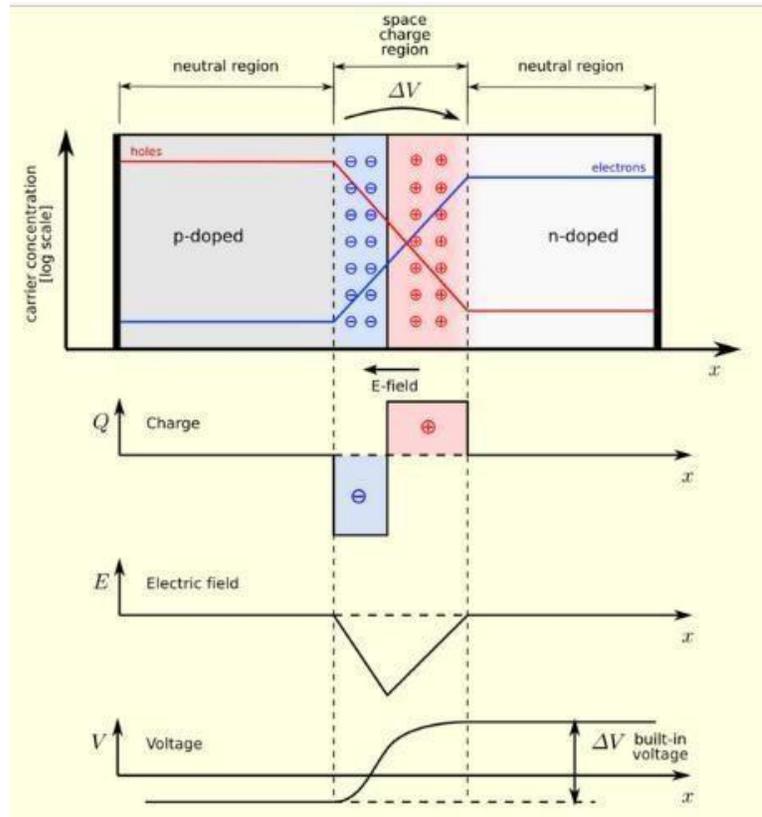


Figura 12-1: Campo eléctrico en una célula fotovoltaica mediante la unión P-N.
Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Célula_fotoeléctrica#/media/Archivo:Pn-junction-equilibrium-graphs.png

El funcionamiento eléctrico de los paneles solares está dado por las curvas de corriente versus voltaje, curva (I vs V) o potencia versus voltaje, curva (P vs V) que los caracteriza. La curva de potencia queda al multiplicar la corriente y el voltaje en cada punto de la curva (I vs V) Figura 13-1.

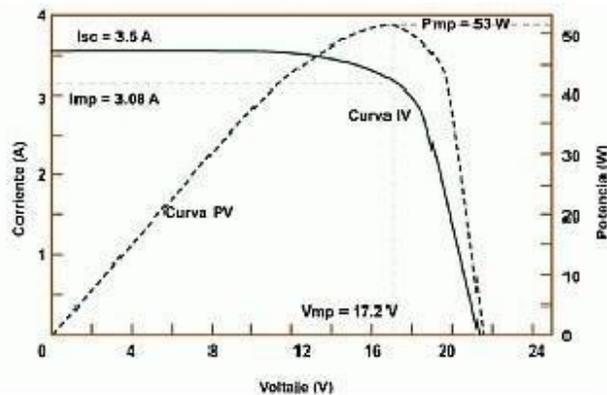


Figura 13-1: Curva IV y PV para un módulo fotovoltaico típico a $1,000 \text{ W/m}^2$ y 25°C

Fuente: http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html

1.12 Tipos de paneles solares fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos, en función de la estructura cristalina de las celdas de silicio de las cuales se encuentran contruidos, pueden ser monocristalinos, policristalinos o de cristal amorfo. (Vásquez.C, 2014)

1.12.1 Monocristalino

Caracterizado por una disposición ordenada y periódica, esta celda es de un solo cristal de silicio, es la de mayor pureza logrando mayor eficiencia y también un alto costo de fabricación, dispuestos simétricamente, y presenta un espesor de 1/3 a 1/2 mm, las cuales son cortadas de una gran barra o lingote creado a 1400 °C. Presenta un color azulado oscuro y con un cierto brillo metálico. Alcanzan rendimientos de 24 % en laboratorios y un rendimiento directo de 15-17 % en paneles comerciales, debido a su tecnología son garantizados hasta por 25 años. En la figura se observa una celda solar monocristalina. (Ramirez.L, 2015)



Figura 14-1: Panel formado por celda de silicio monocristalino.
Fuente: ITER, Instalación solar fotovoltaica 2008, pag.4

1.12.2 Policristalino

La estructura de esta celda se constituye de varios monocristales de silicio lo cual disminuye su pureza, eficiencia y costos de fabricación, que el de silicio mono cristalino, se forma capa de 10 - 30 micrómetros y tamaño de grano entre 1 micrómetro y 1mm. Las direcciones de alineación van cambiando cada cierto tiempo durante el proceso de deposición. Alcanzan rendimientos de laboratorio del 19 - 20% y un rendimiento directo de 12 - 14%. (Chávez.M, 2012)



Figura 15-1: Panel formado con celdas de silicio Policristalino.

Fuente: ITER, Instalación solar fotovoltaica 2008, pag.4

1.12.3 Cristal amorfo

La estructura cristalina de este material es muy irregular, mediante la colocación sobre otra sustancia con un espesor de 1 μm de amorfo, compuesto hidrogenado de silicio (no cristalino) sobre una amplia variedad de superficies como cristal o plástico, presentan un color marrón y gris oscuro. Estos son los menos eficiente y menos costoso de producir de los tres tipos alcanzan una eficiencia de entre el 5 - 10 % en paneles comerciales y de un 13-16 % en laboratorio. La Figura 16-1 se observa una celda solar de silicio amorfo. (Aulestia.L y Celi.M, 2017)



Figura 16-1: Panel formado con celdas de silicio amorfo.

Fuente: (Jardin Solar, 2013)

En el mercado se puede evidenciar diversos materiales para el proceso de fabricación de paneles fotovoltaicos, estas tecnologías se denominan lámina delgada y pueden ser de:

- Teluro de Galio
- Arseniuro de Galio
- Di seleniuro de cobre en indio
- Paneles Tándem
- Paneles fotovoltaicos orgánicos (OPV)
- Paneles fotovoltaicos de película delgada (thin-film) (Chuquin.N y Márquez, 2011)

1.13 Elementos de un sistema de generación fotovoltaica

En una instalación para un sistema solar fotovoltaico se pretende colocar una serie de elementos y dispositivos indispensables que van a permitir el funcionamiento adecuado y manejo del mismo y se los explica a continuación:

1.13.1 Generador fotovoltaico

El generador fotovoltaico está constituido por varios elementos, que transforman la energía en forma de radiación (fotones) que genera el sol en energía eléctrica de corriente continua (DC). Se fundamenta en el efecto fotovoltaico. (Chávez.M, 2012) Para que el panel solar fotovoltaico sea eficiente al 100% debe mantenerse en una temperatura de 25°C. (Chuquin.N y Márquez, 2011) El encapsulado garantiza la seguridad de la celda fotovoltaica de la exposición al medio ambiente, asimismo está constituido por una capa suplementaria anti reflexiva que permite atrapar mayor cantidad de electrones. (Pérez.G, 2016)

La configuración de estos elementos puede ser conectada en serie o en paralelo Figura 17-1 con el propósito de obtener energía eléctrica, (Arenas.A y Zapata.H, 2011) el generador cuenta con un arreglo adecuado de paneles fotovoltaicos (módulos) con los cuales se consigue generar corriente continua que puede ser utilizada en sistemas de corriente directa, sin embargo, dado que la mayoría de artefactos eléctricos necesitan corriente alterna se introduce un inversor que convierte la corriente continua (DC) en corriente alterna (AC). (Itaz.K, 2017)



Figura 17-1: Generador fotovoltaico

Fuente: <https://cumbrepuebloscop20.org/energias/solar/modulo-fotovoltaico/>

Según las necesidades del diseñador o al dimensionamiento de la potencia de salida del sistema fotovoltaico, los principales requisitos analizar son las características de la carga y la evaluación la radiación de sol disponible en la ubicación geográfica de la instalación. Además, puede incorporarse una etapa de almacenamiento de energía para disponer de electricidad en ausencia del recurso solar.

1.13.2 Regulador de carga

Para un funcionamiento adecuado de la instalación fotovoltaica en la unión de los paneles solares con la batería ha de instalarse un regulador de carga. Este sistema es siempre necesario, salvo en el caso de uso de paneles autorregulados. (Buitrón.L y Encalada.D, 2012)

Se lo conoce como unidad de control es un dispositivo encargado de trasferir y controlar la cantidad de energía que ingresa a la batería y asimismo hacia el inversor, tiene la finalidad de protegerlos. El modo de operación del regulador consiste en desconectar las baterías cuando ya se encuentran completamente cargadas para evitar sobrecargas o cargar las baterías cuando la descarga ha llegado a un nivel bajo para evitar que pierdan sus ciclos de trabajo. (García.J, 2017)



Figura 18-1: Regulador de carga

Fuente: <https://ecofener.com/blog/que-son-reguladores-carga-solar-instalacion/>

La mayoría de reguladores tienen una alarma sonora o luminosa previa a la desconexión para que el usuario pueda tomar medidas adecuadas, como reducción del consumo, u otras. Los reguladores más

modernos integran las funciones para prevenir la sobrecarga, y que además suministra información del estado de carga de la batería. Otra función del regulador es incorporar sistemas que sustituyan a los diodos encargados de impedir el flujo de electricidad de la batería a los paneles solares en la oscuridad, con un costo energético mucho menor. Una alternativa puede ser incorporar modelos de reguladores que introducen modos de carga, lo cual permite una carga más completa de las baterías y un mejor aprovechamiento de la energía de los paneles. Las características eléctricas que definen los reguladores son su tensión nominal y la intensidad máxima que es capaz de disipar. (Chávez.M, 2012)

1.13.3 Inversor de carga

El inversor es un dispositivo que, en base a electrónica de potencia, (Itaz) se encarga de adaptar la de corriente continua (DC) producidas por el generador fotovoltaico (paneles solares) o almacenada en las baterías a un voltaje de salida de corriente alterna (AC) a las características eléctricas requeridas por las cargas a alimentar. Constituido por un sin número de circuitos electrónicos los cuales priorizan la eficiencia del dispositivo el cual es aproximado de un 80 a un 85 %. (Aulestia.L y Celi.M, 2017)



Figura 19-1: Inversores de carga

Fuente: https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/inversores-onda-senoidal_1

El inversor puede constituirse como el núcleo del generador fotovoltaico ya que en definitiva la potencia que pueda manejar el inversor es la capacidad de generación del sistema fotovoltaico. Se encarga adecuar la generación de corriente eléctrica concebida a donde vaya destinada para su utilización. (García.J, 2017) Aspectos importantes que habrán de cumplir los inversores para instalaciones autónomas son:

- Deberán tener una eficiencia alta.
- Estar adecuadamente protegidos contra cortocircuitos y sobrecargas.

- Para muchas aplicaciones no es necesario en lo absoluto utilizar un inversor.

El inversor se selecciona en función de las características de la carga y puede ser monofásico o trifásico, también dependerá del tipo de sistema ya sea conectado a la red eléctrica pública o aislada de la misma, el rendimiento de los inversores se ubica alrededor del 96%. (Chávez.M, 2012)

1.13.4 Baterías

Un inconveniente de los sistemas fotovoltaicos es que los paneles solares no pueden generar energía eléctrica en ausencia de luz solar, de ahí la necesidad de incorporar un elemento sistema que almacene la energía eléctrica generada por el sistema fotovoltaico durante el día para así poder abastecer la carga cuando no exista luz solar. (Itaz.K, 2017)



Figura 20-1: Baterías solares

Fuente: https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/cuales-son-los-anyos-de-vida-de-cada-bateria-solar_1

Las baterías son dispositivos compuestos de una o varias celdas electroquímicas que contienen un electrodo y un electrolito para convertir la energía eléctrica en energía química y viceversa, por tal motivo las baterías se han convertido en un elemento crucial dentro de los sistemas de paneles solares fotovoltaicos capaces de almacenar la energía para su posterior consumo, se pueden conectar entre sí en serie o en paralelo según las recomendaciones del fabricante o según los requisitos de la instalación y existen de 12, 24 o 48 voltios de salida que irían al inversor. (Aulestia.L y Celi.M, 2017)

Existen una gran variedad de tipos de baterías, que se diferencian por la utilidad de los diferentes electrolitos, electrodos, diseños y procedimientos fabricación, lo que ha llevado a la necesidad de incorporar sistemas de baterías cada vez más eficaces, pequeños, duraderos y sin mantenimiento. (Ayala.E, 2011)

Los principales tipos son:

- Plomo- ácido
- Níquel- Cadmio
- Níquel- Hierro
- Plata- Cadmio
- Zinc- óxido de plata
- Litio

Banco de baterías

En las instalaciones de sistemas fotovoltaicos lo más habitual es utilizar un conjunto de baterías asociadas ya sea en serie o paralelo para almacenar la energía eléctrica generada durante las horas de radiación, para su utilización posterior en los momentos de baja o nula insolación a este conjunto de baterías se conoce como banco de baterías. (Chávez.M, 2012)

La fiabilidad de la instalación depende en gran medida del sistema de acumulación, el banco de baterías para este tipo de instalaciones debe estar diseñadas para tolerar niveles de descarga profunda durante muchos ciclos de carga y descarga. Para este tipo de sistemas fotovoltaicos se utilizan baterías de "plomo-ácido" ya sea de tipo herméticas con "electrolito gelatinoso" para evitar que se derrame el electrolito o abiertas con "electrolito líquido" que permiten evaporación de los gases producto de la reacción química. (García.J, 2017)



Figura 21-1: Banco de baterías

Fuente: (Energía solar fotovoltaica y energía solar térmica.)

Los principales parámetros eléctricos de una batería son las siguientes:

Carga máxima: es el valor máximo de corriente que una batería puede alimentar a una carga continuamente en un intervalo de tiempo y se cuantifica en amperios-hora (Ah), para un determinado tiempo de descarga, por ejemplo: una batería de 130Ah es capaz de suministrar 130A en una hora o 13A en diez horas. (Chávez.M, 2012)

Profundidad de la descarga: es el porcentaje de energía que se obtiene en una determinada descarga, partiendo de la condición inicial de carga completa. (Itaz.K, 2017)

Capacidad de acumulación: es la cantidad de energía que puede almacenar una batería, matemáticamente es el producto del voltaje nominal por la carga y su unidad de medida es el Watio-hora (Wh). (Itaz.K, 2017)

Vida útil: es el tiempo en el cual la batería puede conservar las características estables de funcionamiento, este tiempo está relacionado con el número de descargas que sufre la batería, debido a que en cada descarga se produce un desprendimiento del material de la superficie activa de los electrodos provocando el envejecimiento. (Itaz.K, 2017)

1.13.5 Elementos de protección del circuito

Como parte importante de un sistema solar fotovoltaico se colocan elementos de protección como medida de seguridad un ejemplo: diodos de bloqueo (en los paneles solares fotovoltaicos), interruptores para desconexión, breakers, fusibles térmicos, cajas de distribución, tierra, etc., adaptados entre diferentes partes del sistema, para proteger de chispas y fugas de energía a los elementos en caso de presentarse algún mal funcionamiento. (Aulestia.L y Celi.M, 2017)

1.13.6 Fusible

Un fusible está formado de una pieza de metal que se rompe cuando se calienta por encima de una temperatura, los fusibles presentan un tiempo de respuesta corto, que los breakers, pero tras su repuesta hay que sustituirlos por unos nuevos, como se puede ver en la Figura 22-1 con los valores más comerciales. (García.W, 2020)

| Código | Intensidad | Curva | Pod. de corte | Tamaño |
|-----------------------------|------------|-------|---------------|----------|
| CARTUCHO FUSIBLES (14X51MM) | | | | |
| FT-16 | 16 A | gL/gG | 80kA | 14x51 mm |
| FT-20 | 20 A | gL/gG | 80kA | 14x51 mm |
| FT-25 | 25 A | gL/gG | 80kA | 14x51 mm |
| FT-32 | 32 A | gL/gG | 80kA | 14x51 mm |
| FT-40 | 40 A | gL/gG | 80kA | 14x51 mm |
| FT-50 | 50 A | gL/gG | 80kA | 14x51 mm |
| FT-63 | 63 A | gL/gG | 80kA | 14x51 mm |



Figura 22-1: Fusibles, valores más comerciales.

Fuente: <https://docplayer.es/79700420-Bases-portafusibles-nh-nt-serie-rt16.html>

Los fusibles controlan circuitos de 240 voltios y fluctúan desde 30 a 100 amperios. Los fusibles tipo rosca protegen circuitos de 120 voltios que llevan energía a contactos y lámparas. Los fusibles para seguridad tienen roscas que sólo coinciden en ciertas tomas haciendo imposible instalar el fusible incorrecto. “Los fusibles de retraso de tiempo absorben cargas pesadas de corriente temporal sin fundirse.” (García.W, 2020)

PROTEGEN

- Personas.
- Instalaciones eléctricas.
- Aparatos eléctricos.
- Circuitos electrónicos.
- Cables.

PREVIENEN:

- Lesiones personales.
- Daños a la propiedad.
- Incendios.

GARANTIZAN:

- La calidad del suministro de energía.
- La fiabilidad de la red.
- Seguridad de operación.

1.13.7 Breakers

Los Breaker (Interruptores Termomagnéticos) Figura 23-1 unen varios de los sistemas de protección, en un solo aparato. Poseen tres sistemas para su desconexión: manual, térmico y magnético. Cada uno puede actuar de manera independiente de los otros, estando formada su curva de disparo por la superposición de ambos parámetros, magnético y térmico. (Viteri.G y López.A, 2010)

Una vez se encuentra un corto, los terminales en el Breaker se abren para interrumpir el circuito; parte de la energía almacenada mecánicamente (usando algo como resortes o aire comprimido). Breaker's pequeños pueden ser accionados de manera manual; para unidades más grandes tienen solenoides para activar el mecanismo, y otros motores eléctricos para restablecer la energía. (Viteri.G y López.A, 2010)



Figura 23-1: Breaker.

Fuente: <https://www.c3controls.com/products/miniature-circuit-breakers/>

Existen de varios tamaños y hechos de tal forma que puedan ser desmontados sin necesidad de sacar todo el tablero se utilizan en industrias comerciales y viviendas. Su operación puede ser ajustable en muchos de ellos, y en limitados casos su operación mecánica se realiza por medio de un motor el cual puede ser accionado vía control remoto. Y sus valores más comerciales los que muestra la Figura 24-1.

| In (A) | Ambient Temperature / In | | | | | | | | | |
|--------|--------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | -25°C | -10°C | 0°C | 10°C | 20°C | 30°C | 40°C | 50°C | 60°C | 70°C |
| 3 | 3.8 | 3.6 | 3.5 | 3.3 | 3.2 | 3.0 | 2.9 | 2.8 | 2.7 | 2.6 |
| 6 | 7.5 | 7.0 | 6.6 | 6.4 | 6.2 | 6.0 | 5.8 | 5.6 | 5.4 | 5.3 |
| 10 | 12.5 | 11.5 | 11.1 | 10.7 | 10.3 | 10.0 | 9.7 | 9.3 | 9.0 | 8.7 |
| 16 | 20.0 | 18.7 | 18.0 | 17.3 | 16.6 | 16.0 | 15.4 | 14.7 | 14.1 | 13.5 |
| 20 | 25.0 | 23.2 | 22.4 | 21.6 | 20.8 | 20.0 | 19.2 | 18.4 | 17.6 | 16.8 |
| 25 | 31.5 | 29.5 | 28.3 | 27.2 | 26.0 | 25.0 | 24.0 | 22.7 | 21.7 | 20.7 |
| 30 | 38.3 | 36.0 | 34.5 | 33.0 | 31.5 | 30.0 | 28.8 | 27.3 | 26.1 | 24.9 |
| 32 | 41.0 | 37.8 | 36.5 | 34.9 | 33.3 | 32.0 | 30.7 | 29.1 | 27.8 | 26.5 |
| 40 | 51.0 | 48.0 | 46.0 | 44.0 | 42.0 | 40.0 | 38.0 | 36.0 | 34.0 | 32.0 |
| 50 | 64.0 | 60.0 | 57.5 | 55.0 | 52.5 | 50.0 | 47.5 | 45.0 | 42.5 | 40.0 |
| 63 | 80.6 | 75.6 | 72.5 | 69.9 | 66.1 | 63.0 | 59.8 | 56.1 | 52.9 | 49.7 |

Figura 24-1: Breaker´s, valores más comerciales

Fuente:

https://www.google.com/search?q=breaker+valores+comerciales&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKewiMv6Wp5LjyAhWaVzABHWqLAlsQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1536&bih=722#imgrc=FrpjPEB-kXSljM&imgdii=aJ-h0YKMf3IIsM

1.13.8 Iluminarias

Las luminarias son consideradas sistemas de distribución, transformación y filtración de la luz por una o varias lámparas y contiene todos los accesorios necesarios para poder fijarla y realizar el proceso de conexión, la ubicación generalmente se lo realiza en el área urbanístico con la dirección deseada del flujo luminosos emitido por la fuente para en ciertas ocasiones reducir el deslumbramiento de las fuentes. (Sarango.E, 2015)

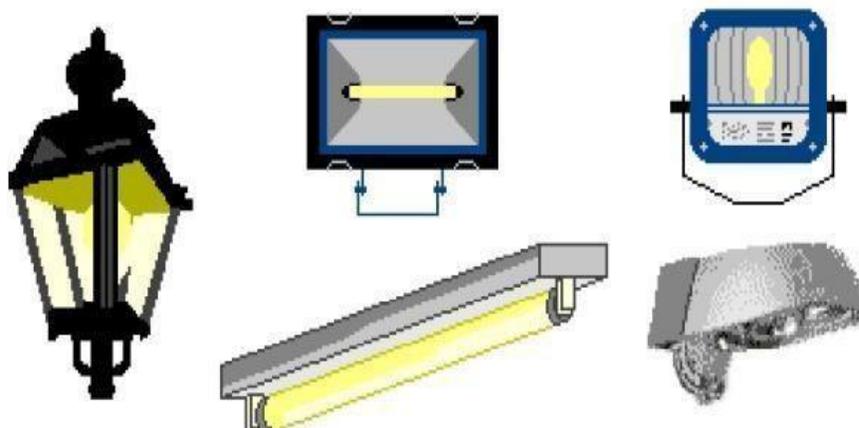


Figura 25-1: Ejemplos de luminarias

Fuente: (Bejarano.N, 2011)

Las luminarias al permitir la circulación de la luz también realizar un aislamiento térmico desde la fuente hasta el exterior con el objetivo de alcanzar el nivel adecuado de temperatura para su funcionamiento al máximo de eficiencia luminosa y estas pueden ser de tipo cerrado o abierto. (Sarango.E, 2015)

Las luminarias cerradas tienen la capacidad de ofrecer una mayor protección al sistema óptico y a las fuentes les protege contra el polvo y la acción de los agentes atmosféricos. En base a la simetría del flujo las luminarias se clasifican en:

- Luminarias de distribución simétrica: Reparten el flujo luminoso con relación al eje de simetría, permiten una distribución espacial de la intensidad luminosa y puede tener una sola curva fotométrica. (Bejarano.N, 2011)
- Luminarias de distribución asimétrica: Reparte el flujo luminoso de forma no simétrica con respecto al eje de distribución espacial de la intensidad luminosa, solo permite expresarse por medio de un sólido fotométrico. (Bejarano.N, 2011)

Luminarias LED de alta intensidad para exteriores

La nueva tecnología implementada en el proceso de iluminación es aquellas conocidas como “LED” especialmente para el ambiente urbano exterior entre ellas: avenidas, calles, parques, fábricas y estacionamientos y estas permiten más del 50% y puede llegar hasta un 80% de energía. Posee una vida útil de 50,000 horas la cual se considera una vida larga en comparación con las lámparas antiguas. (Sarango.E, 2015)

Adema de ofrecer una iluminación adecuada también garantiza altos estándares de calidad mediante las diversas etapas de fabricación, los componentes y subconjunto son revisados y aprobados mediante las normas ISO9001, ISO14001 y certificación TS16949, y operan de acuerdo a la más alta calidad, normas de seguridad y protección al ambiente. (Sarango.E, 2015)

Características de las luminarias LED

- Revolucionario sistema fotométrico Sin brillo molesto
- Sin contaminación visual Encienden de inmediato
- Resistentes a impactos, a prueba de shock, sin rayos ultravioleta, alto índice de color
- Larga vida, hasta 50,000 horas Protegen el ambiente
- Trabaja con bajo voltaje y baja temperatura Alta eficiencia de luminosidad.

CAPITULO II

2. PROPUESTA Y DISEÑO DE PROTOTIPO

En el presente el proceso del diseño, la arquitectura de hardware y la implementación de un sistema solar fotovoltaico (Sistema SFV), además cada etapa que compone el sistema SFV, los componentes que se utilizan para su implementación y los diagramas eléctricos del sistema SFV.

2.1. Requerimientos para la implementación del sistema SFV

Antes de comenzar el cálculo y selección de los elementos del sistema SFV es necesario conocer si en el lugar del proyecto existen normativas vigentes, regulaciones, y demás afectaciones que pudiere tener el proyecto. Para proyectos en Ecuador, están regidas por el Código Eléctrico Nacional (CPE INEN 019). Por tal motivo el propietario del parqueadero requiere que el sistema cuente con los siguientes requerimientos.

- Ser un sistema funcional que permita generar electricidad necesaria para iluminar el parqueadero privado.
- Ser un sistema fotovoltaico que garantice los rangos de voltajes, corrientes y luz suficiente para el parqueadero, independientemente del clima.
- Ser un sistema amigable con el medio ambiente y que genere un ahorro económico para el propietario.

2.2. Concepción general del diseño del sistema SFV

Para tener una idea clara y precisa del diseño del sistema SFV se muestra la figura 1-2 indica la Concepción general del sistema SFV, como está compuesto el diseño eléctrico del sistema, desde la parte superior hacia la inferior la imagen expone como los paneles captan o recibe la radiación. Para posteriormente realizar la carga de las baterías a tiempo, además cuenta el sistema con un banco de baterías que permite el encendido del inversor el mismo que permite un uso de cargas extras de energía y en la noche el funcionamiento de los reflectores.



Figura 1-2: Concepción general del sistema SFV.
 Realizado por: Reyes, Paulo; 2021.

2.3. Etapas que componen el sistema SFV

En la Figura 2-2 muestra Diagrama general del sistema SFV, con las etapas con las que está constituido el sistema eléctrico que permite el abastecimiento de energía eléctrica, mediante un sistema solar fotovoltaico, sus diferentes etapas se detallan a continuación.

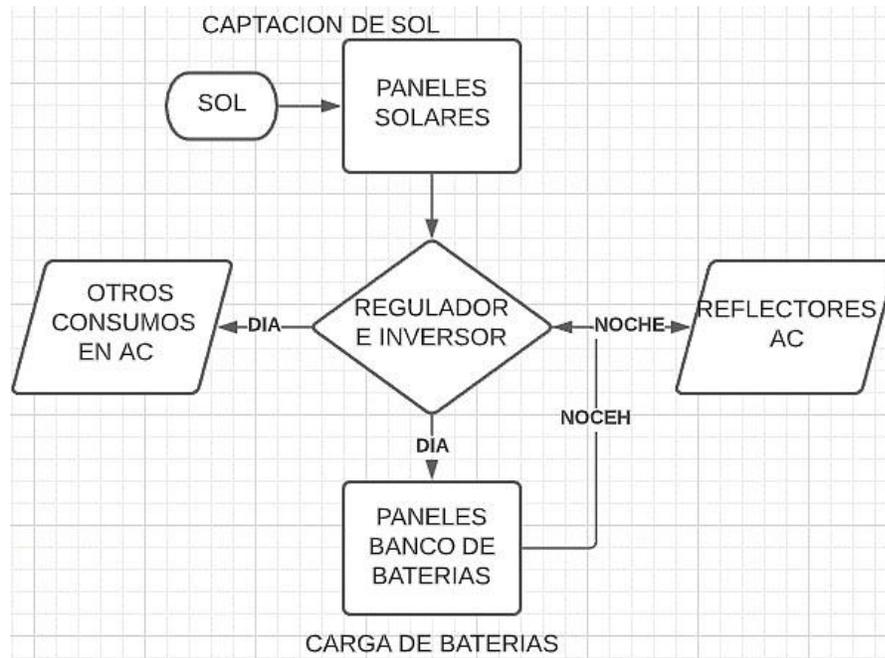


Figura 2-2: Diagrama general del sistema SFV.

Fuente: (Lucidchart.com, 2021)

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021.

2.3.1. Etapa de captación de sol

En esta etapa los paneles, capta la luz solar (radiación) y emite un voltaje, que es enviado al regulador de carga el cual realiza dos funciones la primera enviar voltaje para cargar las baterías y para poder usar el inversor y la segunda es enviar el voltaje en AC para encender los reflectores y el resto de cargas que pueden ser utilizadas en el parqueadero.

2.3.2. Etapa de regulación

En esta etapa a través del regulador que tiene un sistema de visualización permite mostrar y monitorear, el estado de los elementos para posteriormente realizar algún mantenimiento o cambio si se presentara alguna falla en el sistema SFV. En algunos casos estos reguladores pueden monitorearse mediante aplicaciones móviles.

2.3.3. Etapa de almacenamiento o carga

Una vez que el regulador recibe el voltaje de los paneles el mismo se encarga de enviar el voltaje hacia el banco de baterías para almacenada tanto en el día a través del uso del inversor para equipos que utilice AC y en la noche para encender los reflectores.

2.4. Diseño del sistema SFV

Como requisitos del sistema SFV a instalar, tiene que ser un lugar donde sea posible el máximo aprovechamiento del recurso solar, para ello se recurrió a documentación de investigaciones realizadas en Ecuador, para aprovechar la máxima cantidad de radiación solar incidente de acuerdo al lugar geográfico, tomando en cuenta:

- Espacio físico disponible.
- Inclinación.
- Radiación global medida.
- Sombras que se pueden presentar (posibles obstrucciones en el sector)

Se presentarán diagramas obtenidos por el software PVGIS, como se muestra en la Figura 3-2 que es un programa dentro de internet, para determinar evaluación del recurso solar disponible.

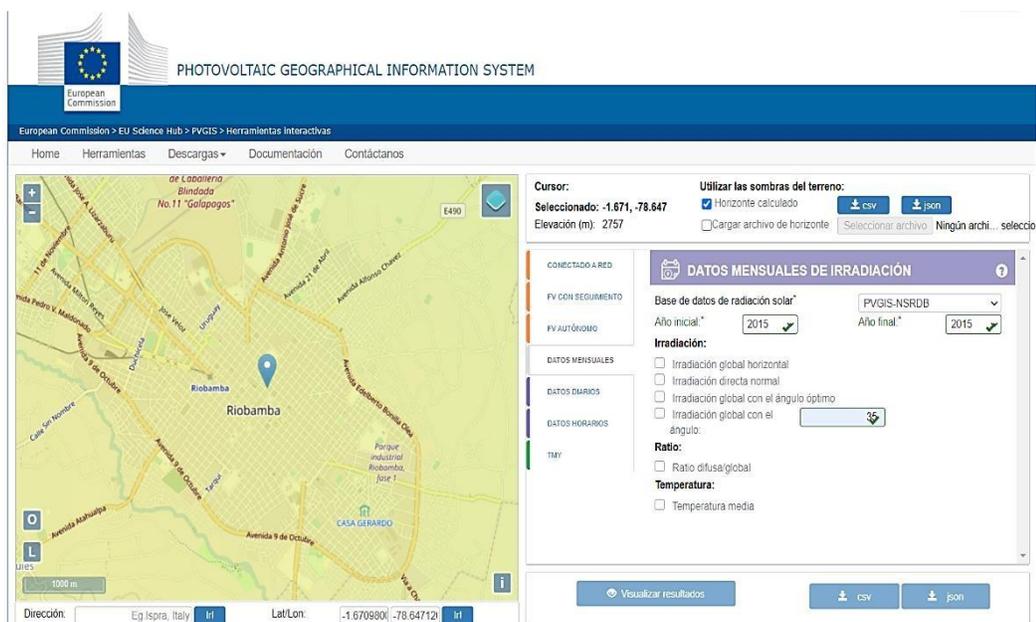


Figura 3-2: Información Riobamba del software PVGIS.

Fuente: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#MR

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

2.5. Determinación de cargas en el parqueadero privado

Para diseñar el sistema SFV se requiere obtener las “cargas” o elementos que están conectados al sistema eléctrico. El parqueadero atiende desde las 7:00 pm hasta las 11:30 pm, en la Tabla 1-2 se detallan el funcionamiento de los reflectores durante el horario de atención del parqueadero.

Tabla 1-2: Cargas del parqueadero privado

| Carga | Cantidad | Consumo (W) | Horas (h) | Consumo (Wh/día) |
|------------------------|----------|----------------|--------------|---------------------|
| Reflectores | 4 | 100 | 4 | 1600 |
| Consumo total (Wh/día) | | | | 1600 |

Fuente: Autor

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

2.6. Cálculo del recurso solar

Para conocer la capacidad que puede generar los paneles solares, un requisito fundamental es conocer la cantidad de radiación solar que existe en el medio, para ello se puede obtener datos del atlas solar del Ecuador o estudios independientes de institutos reconocidos o universidades.

Debido al lugar geográfico, el Ecuador recibe un alto potencial de radiación solar, a continuación, en la Tabla 2-2 se toma los valores medios estimados por regiones.

Tabla 2-2: Radicación por regiones

| REGIÓN | RADIACIÓN MEDIA |
|-----------|-----------------------------------|
| Costa | 5,1 – 5,2 kWh/m ² día |
| Sierra | 4,5 – 6,0 kWh/m ² día. |
| Oriente | 5,1 – 5,2 kWh/m ² día |
| Galápagos | 6,0 – 7,0 kWh/m ² día. |

Fuente: (Valencia.M, 2018)

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

En el caso de esta investigación el cálculo se basó en los datos obtenidos del software PVGIS, que son comparados con el atlas solar del Ecuador presentados en la Figura 5-1 con lo cual se puede comparar los niveles de insolación indicada mediante leyenda de colores situada parte inferior. Para la provincia de Chimborazo, se muestra un zoom de la insolación promedio en la ciudad de Riobamba Figura 4-2.



Figura 4-2: Insolación promedio anual en el cantón Riobamba.

Fuente: (Valencia.M, 2018)

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

Se muestra una irradiación en la ciudad de Riobamba de aproximadamente un rango de 4115 a 4575 Wh/m²/día. Los datos obtenidos en el estudio, se extrajeron de software PVGIS para posterior análisis mediante la Tabla 3-2 que indica la radiación mensual en la provincia.

Tabla 3-2: Irradiación en la ciudad de Riobamba

| PVGIS (2015) | | | |
|------------------------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|
| Mes | Irradiación kWh/m²mes | No. Días | HSP kWh/m²día |
| Enero | 175,49 | 31 | 5,6610 |
| Febrero | 140,72 | 29 | 4,8524 |
| Marzo | 138,35 | 31 | 4,4629 |
| Abril | 116,52 | 30 | 3,7587 |
| Mayo | 108,61 | 31 | 3,5035 |
| Junio | 95,36 | 30 | 3,0761 |
| Julio | 105,09 | 31 | 3,3900 |
| Agosto | 119,85 | 31 | 3,8661 |
| Septiembre | 130,98 | 30 | 4,2252 |
| Octubre | 163,14 | 31 | 5,2626 |
| Noviembre | 172,76 | 30 | 5,5729 |
| Diciembre | 172,88 | 31 | 5,5768 |
| Promedio | 136,65 | | 4,4340 |
| Latitude (decimal degrees): -1.670 | Longitude (decimal degrees): -78.653 | Radiation database: PVGIS-NSRDB | |

Fuente: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/tools.html#MR

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

Una vez analizado los datos de la provincia en la página PVGIS permite encontrar las horas solares pico del sitio exacto de la instalación del sistema SFV únicamente introduciendo la latitud y longitud, como se muestra la Figura 5-2.

Se consideran las “horas solares pico”, que es la cantidad de irradiación de un sitio determinado usando la Ecuación (1-2).

$$HSP = \frac{\text{Irradiacion global}}{\# \text{ de dias mes}} \quad (1 - 2)$$

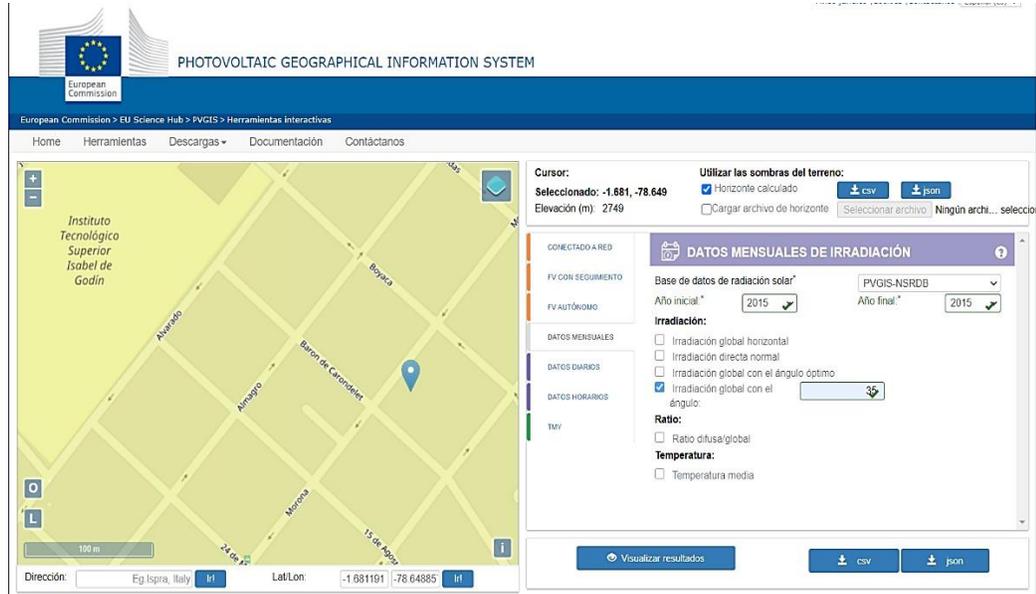


Figura 5-2: PVGIS, lugar exacto de la instalación

Fuente: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#MR

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

Se debe establecer la Hora Solar Pico (HSP) detallada a continuación en la Tabla 4-2.

Tabla 4-2: Irradiación en el parqueadero privado

| Horas Solares Promedio (HSP) | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| Mes | Irradiación Global | Horas Solares Pico |
| Enero | 175,47 | 5,6603 |
| Febrero | 140,71 | 4,8521 |
| Marzo | 138,35 | 4,4629 |
| Abril | 116,51 | 3,8837 |
| Mayo | 108,60 | 3,5032 |
| Junio | 95,35 | 3,1783 |
| Julio | 105,08 | 3,3897 |
| Agosto | 119,84 | 3,8658 |
| Septiembre | 130,97 | 4,3657 |
| Octubre | 163,13 | 5,2623 |
| Noviembre | 172,74 | 5,7580 |
| Diciembre | 172,74 | 5,5723 |
| Latitude (decimal degrees): -1.681 | Longitude (decimal degrees): -78.649 | Radiation database: PVGIS-NSRDB |

Fuente: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/tools.html#MR

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

la presencia de lluvias en lugar de la instalación para evitar futuros problemas de acumulación o alojamiento de materiales ajenos al panel solar, los datos de la referencia se detallan en la Tabla 6-2.

Tabla 6-2: Ángulos de inclinación recomendados para paneles solares

| Latitud del lugar (en grados) | Angulo de inclinación fijo |
|-------------------------------|----------------------------|
| 0° a 15° | 15° |
| 15° a 20° | La misma latitud |
| 25° a 30° | Latitud más 5° |
| 30° a 35° | Latitud más 10° |
| 35° a 40° | Latitud más 15° |

Fuente: (Aulestia.L y Celi.M, 2017)

Realizado por: Reyes, Paulo; 2020

2.8. Creación y construcción de soporte de paneles solares

La construcción de soportes o estructuras para los paneles solares, es uno de los métodos más usados a la hora de realizar el montaje de un sistema SFV, ya que se necesita suficiente espacio o disponer del lugar adecuado para garantizar la perfecta orientación de los paneles solares.

La estructura o soporte de los paneles solares, se diseñó en el programa “Sketchup 2021” como se muestra en Figura 7-2 con las medidas exactas que permitan que los paneles reciban toda la luz solar. El cual consta con tres pilares de 0,97m y tres pilares 1,46m además de una estructura de acero. Con una longitud de 3.14m y de anchura de 1,66m todos los componentes está debidamente fijos y soldados. Ver ANEXO A

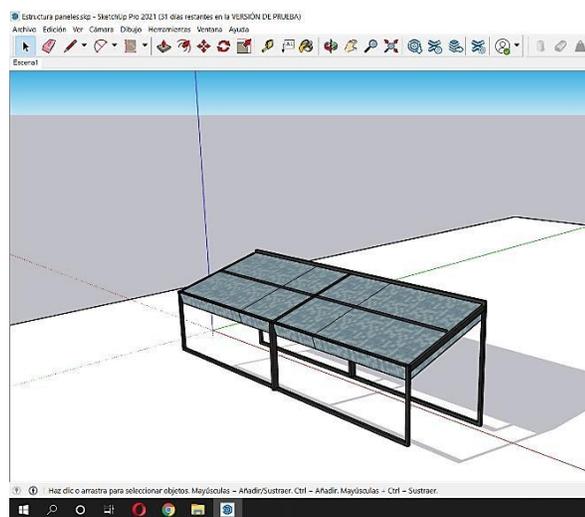


Figura 7-2: Estructura para los paneles solares

Fuente: Sketchup 2021

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

Los paneles solares se colocaron con el ángulo de inclinación recomendado (15°) en dirección al sol (norte magnético) y brindar seguridad a la instalación, permitiendo recibir toda la luz solar durante el día.

Como menciona el autor, en el hemisferio Norte, los paneles deben orientarse hacia el Sur, y en el hemisferio Sur, hacia el Norte, debido a que el sol presenta el movimiento alrededor de la tierra detallado en la Figura 4-1, en Ecuador esta configuración no influye de manera importante, se toma a manera de recomendación los datos. (Aulestia.L y Celi.M, 2017)

2.9. Selección del hardware que conforman el sistema SFV

En este apartado se selecciona cada uno de elementos de hardware que compone el sistema SFV.

Para la instalación de un sistema fotovoltaico necesitamos de la integración de varios componentes, cada uno de ellos cumpliendo con una o más funciones específicas, cuya finalidad es transformar la energía recibida por el sol en energía eléctrica.

2.10. Selección paneles solares

El elemento principal de cualquier sistema SFV es el panel solar, Su funcionamiento se basa en el efecto fotovoltaico dónde convierte directamente la radiación proviene de la luz del sol en energía eléctrica (corriente continua).

En aplicaciones de poco consumo, es posible hasta la utilización de paneles solares de baja potencia. Cuando el requerimiento sea una potencia elevada que no se puede obtener con un único panel solar, se recurre a la conexión en grupo de varios paneles solares, en el mercado se pueden encontrar paneles solares de baja potencia desde 5W; de potencia media, por ejemplo, 100W; y de alta potencia, hasta 150W, en aplicaciones de electrificación rural suelen utilizarse paneles solares con capacidades comprendidas entre los 200W a 300W. (Sarango.E, 2015)

La vida útil de los paneles solares puede ser de hasta 25 años y los fabricantes generalmente otorgan garantías de 20 años. El mantenimiento del panel solar solamente consiste en una limpieza del vidrio para ayudar que las celdas capten toda la luz solar posible. (Centroamericana, 2014)

Los paneles solares POWEST policristalinos, son ideales para su uso en plantas de energía a gran escala, comerciales e instalaciones residenciales. Los paneles solares utilizados están en línea con las normas de la Comisión Electro-técnica Internacional (IEC 61215, IEC 61730), sus características se muestran en la tabla 7-2.

Tabla 7-2: Características de los paneles solares

| Especificaciones Técnicas Paneles | | |
|--|-------------------------------------|------------------------------------|
| Tipo de módulo | Poli-Cristalino | |
| Potencia máxima | 150W | 270W |
| Tolerancia salida de potencia | 0/+5 % | 0/+5 % |
| Voltaje de circuito abierto | 21.5VDC | 37.9VDC |
| Corriente de cortocircuito | 8.91A | 9.27A |
| Voltaje en potencia máxima | 18.1VDC | 30.7VDC |
| Corriente en potencia máxima | 8.29A | 8.80A |
| | 15.2 % | 16.5 % |
| Max. serie de fusible | 15A | 15A |
| Caja de conexiones (grado de protección) | ≥ IP65 | ≥ IP65 |
| Máxima tensión del sistema | 1000V DC | 1000V DC |
| Rango de temperatura de funcionamiento | -40°C to 85°C | -40°C to 85°C |
| Peso | 10.9kg | 17.3kg |
| Celda (cantidad / material / número de barras colectoras) | 36/ silicio multicristalino / 4 o 5 | 60/ silicio multicristalino/ 4 o 5 |
| Dimensiones (Altura x Ancho x Profundidad) | 1480mm/680mm /35mm | 1650mm / 992mm / 35mm |
| Clase de aplicación | A | A |
| Distancia Cable | 0,9m | 0,9m |
| Conector | Plug MC4 / IP65 | MC4 / IP67 |
| IEC 61215, IEC 61730, CE, MCS, ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, BS OHSAS 18001:2007, PV Cycle, SA 8000 | | |
| STC: irradiación de 1000 W / m ² , temperatura del módulo de 25 ° C, espectro | | |

Fuente: <http://powest.com/landing/producto/powest-paneles-solares-policristalinos/>

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

Después de analizar la Tabla 7-2, se escoge de 270W opción, es decir, Figura 8-2, muestra el panel que cuenta con las características de entrada necesarias para la implementación del sistema SFV, ANEXO B.



Figura 8-2: Panel solar de 270W

Fuente: <http://powest.com/landing/producto/powest-paneles-solares-policristalinos/>

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

Del análisis realizado se determinó que la potencia media requerida es de 3 a 4 paneles, además la característica más importante que cuenta es que su respuesta espectral es compatible con la norma ISO 9001, indispensable para sistemas SFV, determinado usando la Ecuación (2-2)

$$\begin{aligned} \text{Número de paneles solares} &= \frac{\text{Capacidad del sistema}}{\text{Capacidad solar del mes mas bajo}} & (2 - 2) \\ &= \frac{1600\text{Wdia}}{483\text{Wdia}} \\ \text{Número de paneles solares} &= 3.3161 \cong 3 \end{aligned}$$

2.11. Regulador de carga

Este dispositivo es el encargado de proteger a la batería o banco de baterías frente a sobrecargas y descargas profundas. El regulador controla constantemente el estado de carga de las baterías y regula la intensidad de carga de las mismas para alargar su vida útil.

Actualmente la mayoría de los casos, el precio del regulador representa solamente el 5% de la inversión inicial en el sistema SFV, otros reguladores son complejos y su elevado costo limita su uso en sistemas SFV domésticos. Es por esto que deben usarse reguladores de carga de buena calidad y con una vida útil superior a los 10 años. (Prado.C, 2008)

Los reguladores modernos utilizan microcontroladores para la correcta gestión de un sistema fotovoltaico. Su fabricación y programación sofisticada permite un control adaptativo a las distintas situaciones de forma automática, modificando manual sus parámetros de funcionamiento para instalaciones especiales. (Bejarano.N, 2011)

2.12. Inversor de cargar DC/AC

Este dispositivo electrónico en el sistema SFV permite adecuar las características de la energía generada a las demandadas por las aplicaciones de la instalación. Es decir, permite la conversión de la corriente continua que se encuentra a la salida de los paneles solares en corriente alterna a cierta frecuencia. (González.G Zambrano.J y Estrada.F, 2014)

Las principales características que deben considerarse para la selección del inversor son:

- La tensión de entrada.
- Máxima potencia que puede manejar.
- Margen de sobrecarga permisible.
- Potencia, tensión y forma de la onda de la salida.

- Eficiencia de transformación (generalmente cercana al 85%) (Bejarano.N, 2011)

Los sistemas inteligentes de gestión de energía POWEST están equipados con un regulador interno MPPT que gestiona de manera eficiente la energía de sistemas de baterías, paneles solares y red eléctrica; logrando un sistema aislado sin cortes de luz, capaz de trabajar en 19 modos diferentes según la necesidad y la prioridad, sus características se muestran en la Tabla 8-2.

La carga del sistema es de 1600W, entonces el número total de inversor para este sistema se obtiene al dividir para la capacidad del inversor es decir 1.6; que por temas de costos se establece 1 inversor mediante el uso de la Ecuación (3-2)

$$\text{Número de inversores} = \frac{\text{Capacidad del sistema}}{\text{Capacida del inversor del datasheet}} \quad (3 - 2)$$

$$\text{Número de inversores} = \frac{1600W}{1000W}$$

$$\text{Número de inversores} = 1.6 \cong 1$$

Tabla 8-2: Características del inversor

| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS UPS HIBRIDA | | |
|---|--|--------------------|
| Capacidad | 1KVA 12V | 3KVA 24V |
| Topología de entrada | Monofásica | |
| Voltaje nominal de entrada | 120VAc | |
| Cantidad de hilos | 3 (Fase +Neutro +GND) | |
| V | 95 -140 Vac | |
| Rango de frecuencia de entrada | 50Hz o 60Hz (Detección Automática) | |
| Limitación de corriente de entrada | 150% sistema inversor y bypass | |
| Conexión | Bornera | |
| Topología de salida | Monofásica | |
| Voltaje nominal de salida | 120VAC | |
| Factor de potencia de Salida | 0,8 | |
| Potencia W | 1000VA/800W | 3000VA/2400 W |
| Tipo de onda de salida | Senoidal pura | |
| | 110/120VAC | |
| Tiempo de transferencia | 10 / 20 ms | |
| Cantidad de hilos | 3(Fase +Neutro+GND) | |
| Regulación de voltaje | <+/-5% | |
| Sobre tensión de energía | 2 * Potencia Nominal por 5 Segundos | |
| Frecuencia nominal de salida | 50Hz/60Hz | |
| Capacidad de sobrecarga | 5s@≥150% de carga; 10s@110%~150% de carga. | |
| Protecciones corto circuito | Mod o línea: Fusible Modo Batería: Circuito electrónico | |
| Conexión | Bornera | |
| | Modo Línea 90% | |
| Tipo de baterías | VRLA / GS / FT / OPz / GEL | |
| Voltaje DC | 12VDC | 24VDC |
| Corriente | 10/20 A | 20/30 A |
| V | 13,5VDC | 27VDC |
| Protección de sobre voltaje | 15,5VDC | 31VDC |
| Potencia W | 500W | 1500W |
| | 98% | |
| Max PV VOC | 102VDC | 145VDC |
| Rango de Operación PV MPPT | 15~80DC | 30~115VDC |
| Min Voltaje de Batería para PV cargador | 8,5VDC | 17VDC |
| Max Corriente de carga | 60A | 90A |
| | 40A | 60A |
| Dimensiones (Altura x Ancho x Profundo) | 316 x 240 x 95 mm | 479 x 295 x 140 mm |
| Peso Neto Kg (Sin Baterías) | 5,2 | 11,5 |
| Display LCD | Display LCD todos los parámetros Condiciones de la carga, capacidad de la Batería, alarmas visuales y auditivas. Estado de operación del UPS (bypass, Línea, Baterías, Falla) | |
| Conexión de Baterías Externo | Conector bornera | |

Fuente: https://www.nicomar.com.co/nicomar/pdf/PDF_67.pdf

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

Después de analizar la Tabla 8-2, se escogió la primera opción, es decir, requiere de un inversor de 1kW, se presenta con mejores características para la implementación sistema SFV. En la Figura 9-2 se observa el inversor ANEXO C.



Figura 9-2: Inversor 1kW híbrido

Fuente: https://www.nicomar.com.co/nicomar/pdf/PDF_67.pdf

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

2.13. Selección de baterías

La función principal de las baterías en un sistema SFV es la de acumular la energía que se produce durante las horas de luminosidad para poder ser utilizada en la noche o durante periodos prolongados de mal tiempo.

Las baterías usadas en sistemas SFV son especiales ya que deben ser resistentes a la carga y descarga continúa, también se puede hacer un cálculo de los días de autonomía “N”, del banco de baterías que por lo general son 2 a 3 días, en base a su capacidad de almacenamiento, y a su ciclo de trabajo (Bejarano.N, 2011), determinado usando la Ecuación (4-2)

$$\text{carga de autonomia} = \text{carga del sistema} * 2.3 \text{ dias autonomia} \quad (4 - 2)$$

$$\text{carga de autonomia} = 1600\text{Wh} * 2.3 \text{ dias}$$

$$\text{carga de autonomia} = 3680\text{Wh}$$

“N” es el número máximo de días que el sistema puede funcionar sin que reciba radiación solar, durante los cuales todo el consumo se hace únicamente a expensas de la energía almacenada en la batería. A la hora de establecer N, hay que considerar tanto la climatología del lugar como el tipo de

instalación, la importancia del servicio prestado (de iluminación de viviendas, hospital, locales comerciales, etcétera) y las limitaciones económicas, ya que a mayor sea N, mayor la inversión.

Cuando la batería sea poco utilizada el auto descarga provocará una baja eficiencia. Las baterías no pueden ser descargadas en más del 85% de lo contrario su tiempo de vida disminuirá paulatinamente, para el cálculo de descargas de baterías se utiliza la Ecuación (5-2)

$$\text{descarga de baterias} = \frac{\text{carga de autonomia}}{0.85} \quad (5 - 2)$$

$$\text{descarga de baterias} = \frac{3680\text{Wh}}{0.85}$$

$$\text{descarga de baterias} = 4.329,41\text{Wh}$$

Para seleccionar el banco de baterías se debe tener en cuenta la cantidad de consumo eléctrico que compone el sistema SFV, que al dividir la descarga de batería para su voltaje da 361Ah en la Tabla 9-2, se muestra las características de la batería utilizada. Fuli Battery BATERIA SELLADA 12V-150Ah ANEXO D.

Tabla 9-2: Características de la batería

| | |
|--|--|
| Voltaje Nominal | 12V |
| Capacidad Nominal (20 Hr) | 150.0Ah |
| Dimensiones | Longitud 483.0±3mm (19.0 “) Ancho 170±2mm (6.69 “) Altura 238.5±3mm (9.39 “) Altura Total 238.5±3mm (9.39 “) |
| Peso Aproximado | Aprox. 43.2 kg (95.3 lbs) |
| Terminal | T11-M8 |
| Material del Envase | ABS UL 94-HB (retardante de llama UL94V-0) |
| Rango de Operación | 156.0 AH/7.80 A (20hr, 1.80V/Celda,25° C/77°F) 150.0 AH/15.0A (10hr, 1.80V/Celda,25° C/77°F) 129.0 AH/25.8A (5hr, 1.75V/Celda,25° C/77°F) 117.0 AH/39.0A (3hr, 1.75V/Celda,25° C/77°F) 91.5 AH/91.5A (1hr, 1.60V/Celda,25° C/77°F) |
| Máxima Corriente de Descarga | 1500A(5s) |
| Resistencia Interna | Aprox. 3.5mΩ |
| Rango de Temperatura de Operación | Descarga -15~50°C (5~122°F) Carga 0~40°C (32~104°F) Almacenamiento -15~40°C (5~104°F) |
| Rango Nominal de Temp. de Operación | 25±3°C (77±5°F) |
| Ciclo de Uso | Corriente de carga inicial de menos de 45.0A. Voltage. 14.4V ~ 15.0V a 25° C (77° F) de temperatura. Coeficiente -30mV/ °C |
| Modo Espera | No hay límite en la carga inicial de tensión actual. 13.5V ~ 13.8V a 25°C (77° F) Temp. Coeficiente -20mV /°0C |
| Capacidad Afectada por la temperatura | 40°C (104°F) 103% 25°C (77°F) 100% 0°C (32°F) 86% |
| Auto- descarga | Las Baterías de la serie Fulibattery GS se pueden almacenar durante un máximo de 6 meses a 25°C (77°F) y luego se requiere una carga de reposición. Para temperaturas más altas del intervalo de tiempo será más corto |

Fuente: <https://spectronic.com.co/wp-content/uploads/2019/09/FULIBATTERY-GS116-FL121500.pdf>

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

Después de analizar la Tabla 9-2, se escogió la batería de 150Ah ya que en los cálculos realizados, para crear un banco de baterías con un respaldo de energía se calcula mediante la Ecuación (6-2)

$$\text{Número de baterías} = \frac{\text{Ah del sistema FV}}{\text{Ah de la Batería}} \quad (6 - 2)$$

$$\text{Número de inversores} = \frac{361\text{Ah}}{150\text{Ah}}$$

$$\text{Número de inversores} = 2.4052 \cong 2$$

FL121500.pdf



Figura 10-2: Batería solar 12V-150Ah

Fuente: <https://spectronic.com.co/wp-content/uploads/2019/09/FULIBATTERY-GS116->

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

2.14. Selección de reflectores

La iluminación es una parte importante del sistema SFV, para lo cual se utilizó los reflectores conocidos como “LED” para el parqueadero debido que se puede utilizar desde un 50% hasta un 80% de energía. Posee una vida útil de 50,000 horas la cual se considera una vida larga en comparación con las lámparas antiguas.

Adema de ofrecer una iluminación adecuada desde los 3m-6m de altura también garantiza altos estándares de calidad mediante las diversas etapas de fabricación, normas y certificaciones que operan de acuerdo a la más alta calidad, normas de seguridad y protección al ambiente.

Se selecciono 4 reflectores LED Flood Light de 100W como se muestra en la Figura 10-2, y 1 reflector de la misma marca de 50W. En la Tabla 10-2 se detallan datos de los reflectores.

Tabla 10-2: Característica de los reflectores

| | |
|------------------------------|---------------------------------------|
| Application: | Parks, Roads, Bridges and Parking-car |
| Outdoor Lamp Security | IP66 |
| Voltage: | AC110V-240V |
| LED Chip Model: | COB |
| Power: | 100W |
| Color: | Black (Negro) |
| Eficacia luminosa | 80Lm/W |
| Lúmenes | 4500 |

Fuente: <https://www.bigtools.com.my/kanda-100w-waterproof-led-flood-light-out-door-spot-light>

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021



Figura 11-2: Reflector LED 100W

Fuente: <https://www.bigtools.com.my/kanda-100w-waterproof-led-flood-light-out-door-spot-light>

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

2.15. Dimensionamiento del cable conductor

El cable utilizado en el sistema SFV, es usado en instalaciones comerciales e industriales, donde los conductores por su flexibilidad y manejabilidad, facilitan y ahorran tiempo en las conexiones. Conductor de la marca “INCABLE 3x14” son efectivos en instalaciones fijas dónde, por lo complicado de la instalación, se hace necesaria la utilización de cables flexibles.

El cable conductor es suave, con conductores internos aislado con PVC 90°C más Nylon y chaqueta exterior de PVC 60°C. Su composición de aislante lo hace resistente a sustancias como aceites, grasas, gasolinas, etc. o a sustancias corrosivas como pinturas y solventes, posee retardante a la llama, libre de metales pesados., adjuntamos en la Tabla 11-2 características adicionales del conductor a usar.

Tabla 11-2: Característica del cable conductor

| | |
|--|--|
| Certificaciones, pruebas y normas | Estos cables satisfacen y/o exceden los requerimientos de la norma ASTM B3, B174, NTC 5521, UL y lo establecido en el Sistema de Gestión de Calidad de General ISO 9001. |
| Tensión de servicio: | ST-THHN 100/600V |
| Temperatura máxima de servicio: | PVC 90°C + Nylon, PVC 60°C |
| Temperatura de sobre carga de emergencia: | 130°C |
| Temperatura de cortocircuito: | 200°C |
| Flexibilidad: | Cable Flexible multiconductor, de cobre electrolítico suave, venas aisladas con PVC |
| Capacidad de conducción: | 25-40 Amperios |

Fuente: <http://www.incable.com/producto?id=43>

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021



Figura 12-2: Cable conductor 3x14.

Fuente: <http://www.incable.com/producto?id=43>

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

2.16. Dimensionamiento de protecciones

Existen gabinetes y armarios de distribución y conexión donde se colocan los elementos de protección:

Los varistores, interruptores termomagnéticos, interruptores diferenciales y fusibles son colocados en los gabinetes de conexión y distribución, identificados claramente. Además, en el gabinete de conexión debe haber un listado claro y concreto de cada uno de los elementos con sus principales características y un esquema eléctrico del conjunto de la caja.

Fusibles

Los fusibles se colocan en los conductores de electricidad, Los fusibles pueden ser de muy diversos tipos y tamaños, dependiendo de la intensidad y el voltaje de trabajo de la instalación a proteger, los fusibles deben colocarse en serie con cada uno de los equipos a proteger.

Los fusibles que trabajan en la zona de la instalación con bajo voltaje son muy diferentes de los fusibles que trabajan en la zona de medio y alto voltaje. Dado que las características de la corriente y las prestaciones deben ser distintas, el portafusible para este sistema SFV es de 32A o de 1000V en DC y un fusible de 32A mostrado en la Figura 13-2



Figura 13-2: Portafusible y fusible de 32A

Fuente: <https://autosolar.es/portafusibles/portafusibles-10x38-1000v>

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

Breaker (Termomagnético)

Los Breaker o termomagnéticos permiten cortar manualmente el flujo de corriente en caso de una emergencia o para un mantenimiento programado. El termomagnético es utilizado en las instalaciones eléctricas domésticas, industriales y sistemas fotovoltaicos.

El termomagnético para funcionar usa dos, de los efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica en un circuito, el magnético y el térmico. (Ayala.E, 2011) El valor de la corriente que deben permitir pasar los termomagnéticos, no debe ser superior a un valor entre 1,1 y 1,5 veces la corriente máxima, que debe circular por la rama de la instalación que protegen.

Para el diseño del sistema SFV se utilizó dos termomagnéticos uno de 20A y otro de 63A, respectivamente, en la Figura 14-2 se muestra el Termomagnético Schneider.



Figura 14-2: Termomagnético Schneider

Fuente: <https://www.camei.com.ec/shop/product/se-ez9f56220-breaker-riel-din-2-polos-20-amperios-curva-c-easy9-1941>

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

2.17. Montaje del sistema SFV

Con la finalidad de que el sistema SFV funcione de la mejor manera y que los componentes se conecten de una de manera ordenada.

Lo primero a realizar es la revisión de los elementos que conforman el sistema SFV completo una vez que éste llegó.

Para lo cual se realizó una inspección visual mediante fotografías que tomamos a la hora de la entrega, en la Figura 15-2, se ilustran los dispositivos después de ser sacados del camión, la inspección visual nos indica daños aparentes en el quipo durante su traslado.



Figura 15-2: Elementos solares entregados
Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

La revisión de los elementos en el parqueadero privado antes de instalar, con el fin de detectar elementos defectuosos, golpeados o con fisuras entre otros problemas que pudieran presentarse.

Se procede a creación de la estructura de los paneles solares como lo indican las Figuras 7-2, donde se procede a la correcta ubicación y soldadura, de las piezas de la estructura en las Figuras 16-2, 17-2 y 18-2.



Figura 16-2: Ensamble del marco de la estructura
Realizado por: Reyes, Paulo; 2021



Figura 17-2: Ensamble de la estructura de paneles
Realizado por: Reyes, Paulo; 2021



Figura 18-2: Estructura de los paneles solares
Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

con el espacio necesario para su mantenimiento, adicionalmente se separaron en una distancia de 5 centímetros entre cada panel en la misma estructura.

2.18. Montaje de la Iluminación

Es la colocación de la carga (reflectores) los cuales fueron ubicados estratégicamente para la iluminación de toda el área. Antes de la instalación se requieren los siguientes elementos para el montaje de los reflectores. Se procede a colocación de los reflectores como lo indican las Figuras 19-2, 20-2 y 21-2, donde se procede a la correcta ubicación y sujeción con tornillos de pared.



Figura 19-2: Reflectores pared izquierda
Realizado por: Reyes, Paulo; 2021



Figura 20-2: Reflector pared frontal
Realizado por: Reyes, Paulo; 2021



Figura 21-2: Conexión de los reflectores
Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

Figura 22-2 se presenta el diagrama de bloques explicativo donde se encuentra detallado los fusibles y termomagnéticos de las conexiones del sistema SFV.

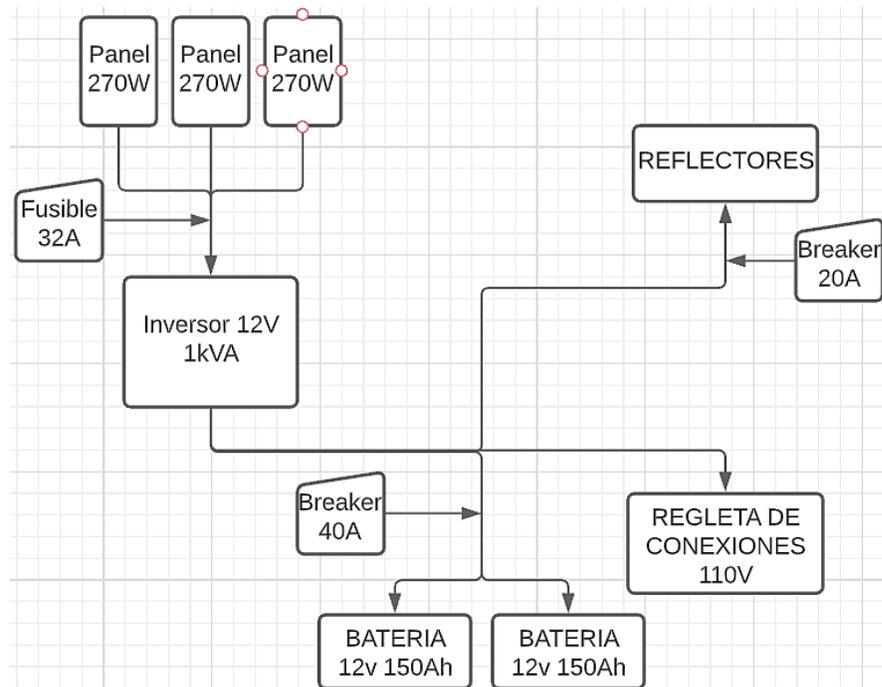


Figura 22-2: Diagrama de bloques explicativo del sistema SFV
Fuente: (Lucidchart.com, 2021)
Realizado por: Reyes, Paulo

CAPÍTULO III

3. VALIDACIÓN DE PROTOTIPO

En el presente capítulo se realizan, las pruebas correspondientes que permiten validar el sistema SFV, siendo las siguientes:

- Validación de voltajes de los paneles.
- Prueba del inversor de carga.
- Prueba de carga y descarga de baterías.
- Estabilidad del sistema SFV.
- Prueba de Iluminación.
- Análisis de costos.

El proceso inicio con la inspección visual, para dar paso a la instalación y revisión de las diferentes conexiones en serie y paralelo de las baterías y paneles, para realizar la prueba del sistema fotovoltaico en base a los lineamientos establecidos con anterioridad.

3.1. Validación de voltajes de los paneles

Para validar los paneles solares POWEST 270W, se parte de la hoja técnica de datos ver ANEXO B, el mismo que contiene un valor de voltaje en circuito abierto de 37.9Vdc, por lo cual se decide comprobar tomando 4 lecturas a lo largo de 5 días comprendido entre las 9am a 18pm, obteniendo un promedio de voltaje de los 3 paneles.

El multímetro es instrumento de medida que permite medir y comprobar los voltajes en cada conexión, así como el funcionamiento de los mismos. Para contribuir con esta verificación se realizó una inspección con diferentes tomas muestrales. Las mediciones realizadas en los paneles solares nos permiten estimar el nivel del voltaje, de los cuales se obtuvo los siguientes datos que se muestran en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3: Validación del voltaje de los paneles solares

| Tipo día según INAMHI | Nublado / Parcialmente Nublado | Nublado / Parcialmente Nublado | Parcialmente Nublado / Soleado | Nublado / Soleado | Parcialmente Nublado |
|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|----------------------|
| HORA | Día 1 (Vdc) | Día 2 (Vdc) | Día 3 (Vdc) | Día 4 (Vdc) | Día 5 (Vdc) |
| 9:00 | 36.3667 | 36.0667 | 36.7333 | 35.5333 | 36.0000 |
| 12:00 | 36.1333 | 35.2000 | 35.6000 | 36.0667 | 35.6000 |
| 15:00 | 35.4333 | 35.9000 | 36.3333 | 35.7667 | 35.4000 |
| 18:00 | 33.4000 | 33.5000 | 33.5000 | 34.0000 | 34.9667 |
| PROMEDIO DIA | 35.3333 | 35.1667 | 35.5417 | 35.3417 | 35.4916 |

Fuente: Autor

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

Validación de voltajes de los paneles en circuito abierto

Para esta se prueba se va a comprobar el voltaje de los tres paneles de manera individual, para verificar si el voltaje se acerca a la hoja de datos técnicos (ANEXO B), haciendo la verificando las lecturas con el multímetro como se muestra en la Figura 1-3.



Figura 1-3: Voltaje de los paneles en circuito abierto

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

Tabla 2-3: Voltaje en circuito abierto mostrado en multímetro digital

| Voltaje en circuito abierto (Hoja de datos Técnicos) | Voltaje en circuito abierto Multímetro |
|---|---|
| 37.9 Vdc | 37.2 Vdc |

Fuente: Autor

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

De acuerdo a las especificaciones de la hoja técnica y la medición con el multímetro mostrados en Tabla 1-3, se pudo comprobar que el panel generaba aproximadamente de 37.2 a 37.5 Vdc en circuito abierto, valor que se acerca a lo que indica el fabricante y por tal razón es válido para la implementación del sistema SFV.

Validación de voltajes de los paneles en paralelo

Para esta prueba se comprobó que el voltaje de los 3 paneles conectados en paralelo, tiene que ser un valor aproximado al valor de voltaje en circuito abierto, para lo cual se verifico con el uso del multímetro digital Tabla 3-3, como se muestra en la Figura 2-3.

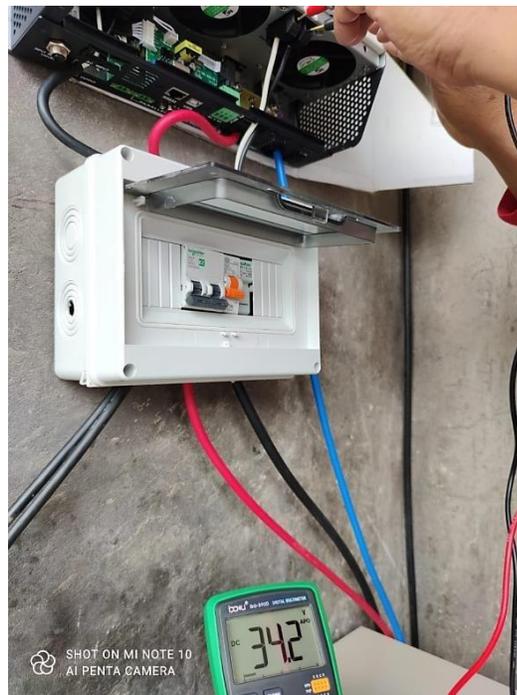


Figura 2-3: Voltaje de los paneles en paralelo

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

Tabla 3-3: Voltaje de los paneles en conexión en paralelo, medido con multímetro digital

| Voltaje en paralelo de los paneles (Hoja de datos Técnicos) | Voltaje en paralelo de los paneles con Multímetro |
|--|---|
| 36.9 Vdc | 34.2 Vdc |

Fuente: Autor

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

De acuerdo a las especificaciones de la hoja técnica (ANEXO B) y la medición con el multímetro mostrado en la Tabla 2-3, se pudo comprobar que el panel genera un promedio aproximado los 36.5Vdc en circuito abierto que es cercano al valor que indica el fabricante.

3.2. Prueba del inversor de carga

Para validar el inversor de 1kVA POWEST, se parte de la hoja técnica de datos (ANEXO C), que en sus especificaciones indica que el voltaje de funcionamiento, se comprueba tomando lecturas a lo largo del día y verificando el valor de voltaje sea el indicado en el display el cual indica los diversos modos y estado de los elementos conectados como se muestra en la Figura 3-3.



Figura 3-3: Voltaje de funcionamiento inversor

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

Luego de energizar el inversor, se tomaron medidas para validar el funcionamiento correcto a la salida cuyo voltaje es de 110-120Vac, para encender los Reflectores como muestra la Figura 4-3.

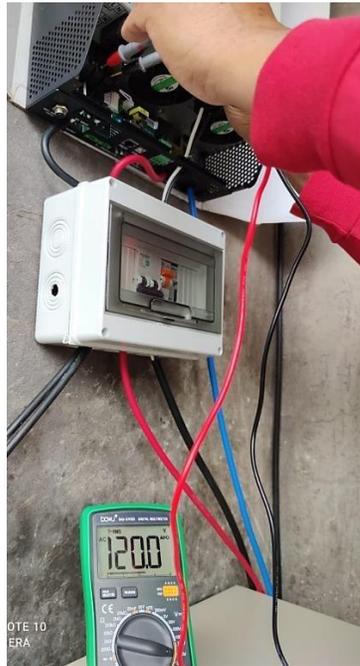


Figura 4-3: Voltaje de salida del inversor
Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

Se verifico que el voltaje de salida del inversor medido con el multímetro configurado como (voltímetro AC) es aproximadamente 110-120V, lo que indica que el valor obtenido del inversor coincide con el del multímetro y la hoja de datos técnicos.

3.3. Prueba de carga y descarga de baterías

Para validar las baterías Fuli Battery BATERIA SELLADA 12V-150Ah, se parte de la hoja técnica de datos ver ANEXO D, el mismo que contiene un valor de voltaje de funcionamiento de 12Vdc, por lo cual se decide comprobar tomando lecturas a lo largo de 5 días comprendido entre las 9am a 18pm.

Para esta se prueba se va a comprobar el voltaje de las dos baterías de manera individual, para verificar si el voltaje se acerca a la hoja de datos técnicos (ANEXO D), verificando las lecturas con el multímetro Tabla 4-3, como se muestra en la Figura 5-3.

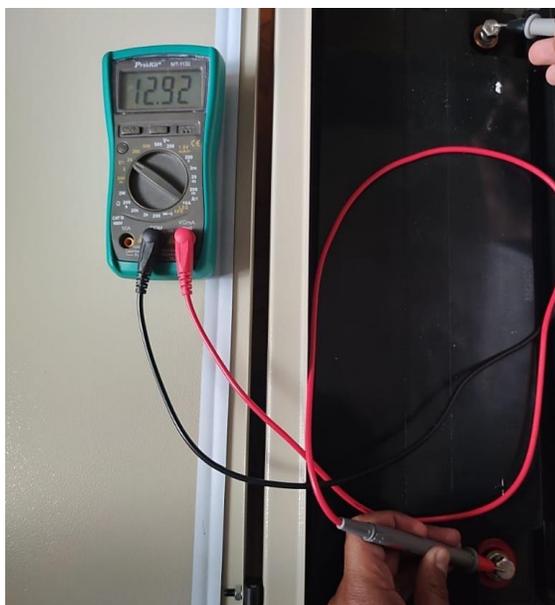


Figura 5-3: Voltaje de funcionamiento de las baterías
Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

Tabla 4-3: Voltaje de las baterías mostrado en multímetro digital

| Voltaje de baterías (Hoja de datos Técnicos) | Voltaje de baterías Multímetro |
|---|-----------------------------------|
| 12 Vdc | 12.92 Vdc |

Fuente: Autor

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

Para la validación del banco de baterías se realizó una prueba de tiempo de carga de la batería teniendo en cuenta la hoja de datos facilitados por el fabricante ANEXO D, se tiene que las baterías tienen un sistema de 1800Wh para ello se realizó una comparación de tiempo de carga para dos tipos de días con los paneles solares Tabla 5-3.

Tabla 5-3: Tiempo de carga de batería

| Tipo de día | Voltaje x Corriente | Potencia | Capacidad/Potencia | Tiempo de carga Baterías |
|---------------|---------------------|----------|--------------------|--------------------------|
| Día ideal | 37.9V * 8.80A | 333.52W | 1800Wh/333.52W | 5h 23min |
| Días probados | 35.6V * 8.80A | 313.28W | 1800Wh/313.28W | 5h 44min |

Fuente: Autor

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

Para la validación del banco de baterías se realizó una prueba de tiempo de descarga de la batería teniendo en cuenta los datos de capacidad del sistema 1800Wh para ello se realizó una comparación de tiempo descarga para cualquier tipo de día Tabla 6-3.

Tabla 6-3: Tiempo descarga de la batería

| Tipo de día | Consumo Carga | Capacidad/Consumo | Tiempo descarga Baterías |
|---------------|---------------|-------------------|--------------------------|
| Días probados | 450W | 1800Wh/450W | 4h |

Fuente: Autor

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

3.4. Funcionalidad y estabilidad del sistema SFV.

Para validar y verificar la funcionabilidad del sistema SFV, en la salida de voltaje AC del inversor se ubicaron 5 reflectores: 4 de 100W y 1 de 50W a 110-120Vac los cuales se muestran en la Figura 6-3



Figura 6-3: Reflectores ubicados en el parqueadero
Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

Los reflectores se energizan subiendo el termomagnético de 20A de la caja de fusibles y termomagnéticos como se muestra la Figura 7-3.



Figura 7-3: Breaker 20A reflectores
Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

3.5. Prueba de iluminación

Para validar y verificar el funcionamiento de los reflectores se realizó una comparación tanto de los Lúmenes (Lm), como de Lux (lx) de los reflectores, para ello conoceremos que un luxómetro (también llamado luxómetro o light meter) es un instrumento de medición que permite medir simple y rápidamente la iluminancia real y no subjetiva de un ambiente. La unidad de medida es el lux (lx).

La iluminancia es la cantidad de luz que puede llegar a un espacio por unidad aérea, la cual se mide en lux, teniendo en cuenta que 1 lux es equivalente a 1 lumen por metro cuadrado. Una lámpara LED emite más lúmenes de potencia luminosa, para ello haremos usamos la Tabla 10-2 con los datos del reflector y una calculadora virtual de Lúmenes a Lux, como se muestra en la Figura 8-3.

Ingrese el flujo luminoso en lúmenes: lm

Seleccione el tipo de unidad de área: ▾

Ingrese el radio esférico: m

O ingrese el área de la superficie: m²

Resultado de iluminancia en lux: lx

Figura 8-3: Cantidad de lm del reflector

Fuente: <https://www.rapidtables.com/calc/light/lumen-to-lux-calculator.html>

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

Se validó que el reflector costa con 4500lm que es aceptable para un reflector de 100W a 110V en AC. De forma simple considerando el rendimiento luminoso o eficiencia luminosa de una fuente de luz, como la relación existente entre el flujo luminoso (en lúmenes) emitido y la potencia (en vatios) W, se obtendrían la eficacia y eficiencia luminosa del reflector a usado en comparación a una luminaria led (foco) Tabla 7-3

La Norma COVENIN 2249-93, «ILUMINANCIAS EN TAREAS Y ÁREAS DE TRABAJO», regula los niveles de iluminación requeridos de acuerdo a la dificultad visual de las tareas como se muestra en la Figura 9-3.

| Áreas o tipo de actividad | Iluminancias (Lux) | | | Tipo de Iluminancia |
|--|--------------------|-------|------|-----------------------------|
| | Bajo | Medio | Alto | |
| Áreas públicas con alrededores | 20 | 30 | 50 | General en toda el área (G) |
| Simple orientación para visitas cortas periódicas | 50 | 75 | 100 | |
| Áreas de trabajo donde las tareas visuales se realizan sólo ocasionalmente | 100 | 150 | 200 | |

Figura 9-3: Lux recomendado según el tipo

Fuente: <https://www.fau.ucv.ve/idec/racionalidad/Paginas/Manualelectricos.html>

Después de analizar la Figura 9-3, se escogió la cantidad Óptima de 150 lx ya que los cálculos realizados para un parqueadero de 108m² el número de reflectores se calcula mediante la Ecuación (1-3)

$$\text{Número de reflectores} = \frac{\text{Superficie} * \text{C. optima lx}}{\# \text{ de lumemes}} \quad (1 - 3)$$

$$\text{Número de reflectores} = \frac{16200\text{lm}}{4500\text{lm}}$$

$$\text{Número de reflectores} = 3.6 \cong 4$$

Tabla 7-3: Eficacia y eficiencia luminosa de los reflectores

| | Eficacia luminosa | Eficiencia luminosa |
|------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Luminaria LED | 160Lm/W | 23% |
| LED Flood Light | 80Lm/W | 11,5% |

Fuente: Autor

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

Se comprobó el funcionamiento de los reflectores a la medida de 5 metros de altura, mediante el encendido con el funcionamiento del sistema SFV, que es parte de los objetivos de los objetivos de este proyecto, como se muestra en la Figura 10-3.

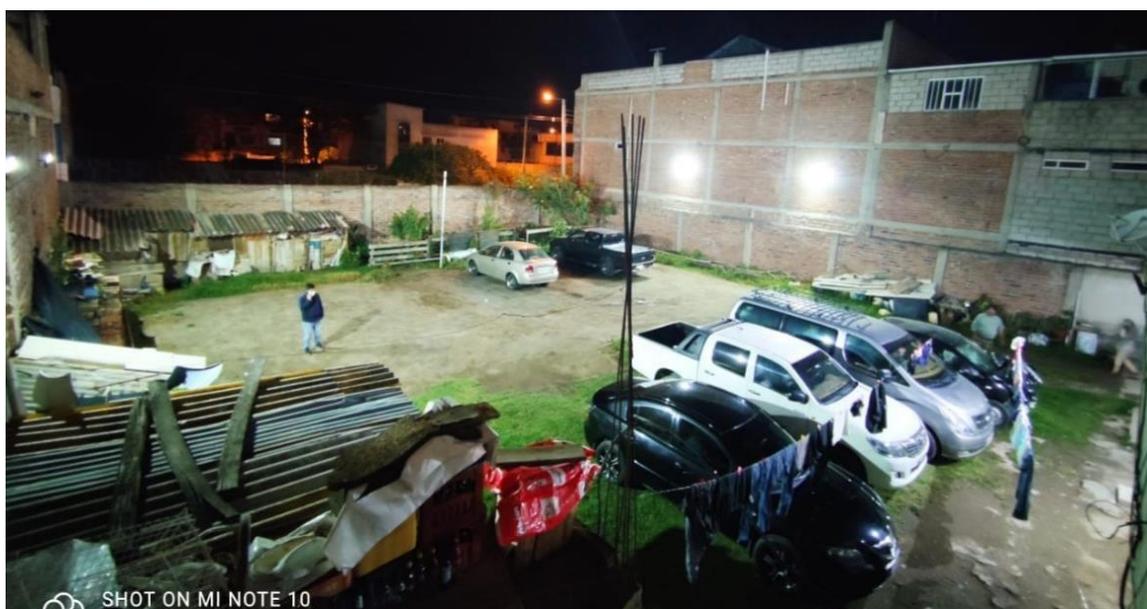


Figura 10-3: Reflectores encendidos en el parqueadero

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

CAPÍTULO IV

4. EVALUACIÓN ECONÓMICA

4.1. Análisis de costos

Según el (ANEXO G) el costo aproximado del sistema SFV es de USD 1800 incluido el IVA, los cuales serán financiados en su totalidad por el dueño del parqueadero, la forma de pago se la puede hacer en efectivo Tabla 1-4; como en pagos mensuales que deben ser realizado en un periodo de 6 meses sin intereses.

Tabla 1-4: Valores de pago en efectivo

| Descripción | Detalles | Costo |
|--------------------|---|----------------|
| Elementos Solares | Paneles solares 270W Inversor 1kVA Baterías 12V-150Ah | 1250,00 |
| Costos Indirectos | Reflectores Alambres Fusibles Termomagnéticos | 250,00 |
| | Mano de Obra | 300,00 |
| TOTAL | | 1800,00 |

Fuente: Autor

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

Según los cálculos se puede realizar 6 pagos con un valor de USD 300,00 cada mes como se indica en la Tabla 2-4.

Tabla 2-4: Valor de pago mensuales

| Mes | Cuota USD | Saldo USD |
|--------------|------------------|------------------|
| 0 | 0,00 | 1800,00 |
| 1 | 300,00 | 1500,00 |
| 2 | 300,00 | 1200,00 |
| 3 | 300,00 | 900,00 |
| 4 | 300,00 | 600,00 |
| 5 | 300,00 | 300,00 |
| 6 | 300,00 | 0,00 |
| TOTAL | 1800,00 | |

Fuente: Autor

Realizado por: Reyes, Paulo; 2021

4.2. Rentabilidad

Una de los principales inconvenientes de utilizar los sistemas solare fotovoltaicos, en generación eléctrica es el alto costo inicial de los elementos que se requieren, con lo que se establece entre 20 y 25 años la vida útil del sistema SFV.

Al analizar el costo de la energía eléctrica por kWh consumido por nuestro país, según la entidad reguladora es de 0.11 USD/kWh, datos de la Empresa Eléctrica Riobamba (EERSA), mismos que se detallan en la Figura 1-4.

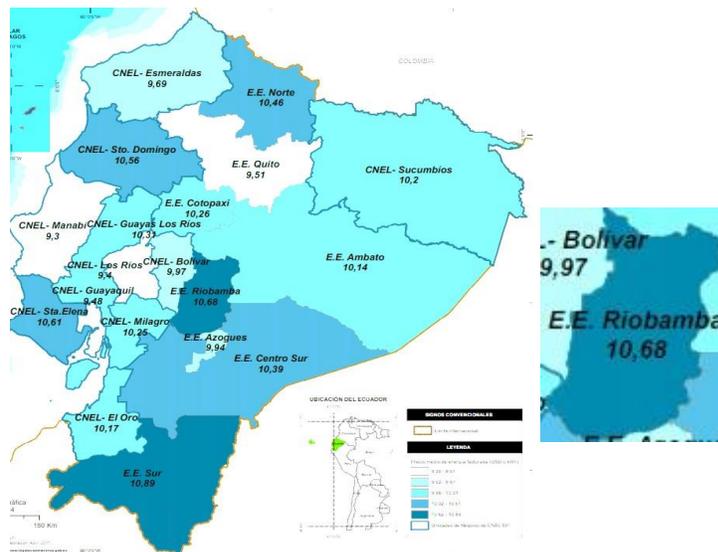


Figura 1-4: Tarifas E.E Conelec

Fuente:

https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2017/10/15_PRECIO_MEDIO_ENERGIA_FACTURADA.pdf

Tomando los datos es lógico pensar que el ahorro económico que se va alcanzar no es muy alto, ya que parte de la energía tradicional se subsidia por el Gobierno que en algunos casos llega a un 60%.

Sin embargo, no se puede comparar la energía eléctrica tradicional de nuestro país. Con la generación eléctrica con fuentes renovables (Sistema Solar Fotovoltaico) debido principalmente a los impactos ecológicos que producen cada uno.

Por consecuente el Estado ecuatoriano a través de la regulación 009/06 del (Conelec, 2013-2022) ha tratado de compensar los valores altos de los equipos solares en la cual el estado pagara un valor estimado 52.04 centavos por kWh generado por sistemas fotovoltaicos, mismos que se detallan en la Figura 2-4.

| CENTRALES | PRECIO (cUSD/kWh) Territorio Continental | PRECIO (cUSD/kWh) Territorio Insular de Galápagos |
|---|---|---|
| EOLICAS | 9.39 | 12.21 |
| FOTOVOLTAICAS | 52.04 | 57.24 |
| BIOMASA Y BIOGAS | 9.67 | 10.64 |
| GEOTERMICAS | 9.28 | 10.21 |
| PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS HASTA 5 MW | 5.80 | 6.38 |
| PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS MAYORES A 5 MW HASTA 10 MW | 5.00 | 5.50 |

Figura 2-4: Regulación Conelec

Fuente: [https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/CONELC-](https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/CONELC-PreciosRenovables4.pdf)

PreciosRenovables4.pdf

En este análisis se consideran solo los costos por generación eléctrica con el sistema SFV, dichos datos afectaran el tiempo de retorno de la inversión. En primer lugar, se determina el ahorro económico anual que se alcanza con el costo real por kWh consumidos de la red local (11 centavos de dólar) mediante la Ecuación (1-4)

$$\text{Generacion de energia} = \text{HPS} * \text{W del panel} * \text{perdidad en el panel} \quad (1 - 4)$$

$$\text{Generacion de energia} = 3.1783\text{HSP} * 270\text{W} * 0.9$$

$$\text{Generacion de energia} = 772.33 \frac{\text{Wh}}{\text{dia}}$$

Entonces la producción anual será el valor de la generación de energía por 365 días dando como resultado un valor de $281.90 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$. Entonces la producción total anual se multiplica por el número de paneles, mediante la Ecuación (2-4)

$$\text{Produccion total} = \text{Generacion de energia anual} * \# \text{ de paneles} \quad (2 - 4)$$

$$\text{Produccion total} = 281.90 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} * 3$$

$$\text{Produccion total} = 845.70 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

Por recomendaciones el sistema SFV tiene una vida útil de 25 años ahora se calcula la producción total para los años de vida útil, el cual no da un resultado de 21142.50 kWh, pero para el siguiente calculamos el valor de la electricidad real sabiendo que el kWh es de 0.11 dólares, mediante la Ecuación (3-4)

$$\text{Valor de la planilla} = \text{Produccion total} * \text{valor del kW/h} \quad (3 - 4)$$

$$\text{Valor de la planilla} = 845.70 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} * \frac{0.11 \text{ dolares}}{\text{kWh}}$$

$$\text{Valor de la planilla} = 93.027 \frac{\text{dolares}}{\text{año}}$$

En total el costo de la energía convencional a 25 años mediante la Ecuación (4-4) será:

$$\text{Valor de la planilla}(25 \text{ años}) = \text{Valor de la planilla} * \text{vida util del sistema SFV} \quad (4 - 4)$$

$$\text{Valor de la planilla}(25 \text{ años}) = 93.027 \frac{\text{dolares}}{\text{año}} * 25 \text{ años}$$

$$\text{Valor de la planilla}(25 \text{ años}) = 2325.675 \text{ dolares}$$

Por lo tanto, realizamos la resta para revisar si existe un beneficio económico con lo gastado en la inversión inicial con el valor de planilla de 25 años, mediante la Ecuación (5-4)

$$\text{Beneficio economico} = \text{Valor de la planilla}(25 \text{ años}) - \text{inversion inicial} \quad (5 - 4)$$

$$\text{Beneficio economico} = 2325.675 \text{ dolares} - 1800 \text{ dolares}$$

$$\text{Beneficio economico} = 525.675 \text{ dolares}$$

Ahora que pasaría según regulación 009/06 del (Conelec, 2013-2022) mencionada antes el Estado ecuatoriano compensa la generación por energía fotovoltaica a un costo de 52.04 centavos de dólar por kWh, a ese costo la inversión del sistema SFV se recuperaría mediante la Ecuación (6-4)

$$\text{Recuperacion de la inversion} = \text{Produccion total} * \text{costo de generacio de energia} \quad (6 - 4)$$

$$\text{Recuperacion de la inversion} = 845.70 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} * \frac{0.52 \text{ dolares}}{\text{kWh}}$$

$$\text{Recuperacion de la inversion} = 437.19 \frac{\text{dolares}}{\text{año}}$$

Por lo tanto, para calcular el tiempo de recuperación de la inversión se realizará una división del costo inicial de sistema SFV para la Recuperación de la inversión dando como resultado 4 años y como se puede apreciar la inversión estaría recuperada dentro del rango de vida útil del sistema SFV.

CONCLUSIONES

- Ecuador posee un lugar geográfico con abundante recurso solar debido a que se localiza en la mitad del mundo, la irradiación diaria es casi constante durante todo el año, lo cual permite las condiciones propicias para la explotación del recurso solar mediante la utilización de sistemas fotovoltaicos. Para realizar la correlación de los datos estadísticos de radiación solar en la ubicación del proyecto se compararon los datos de la PVGIS, NASA, ARCONEL e INAMHI, en función de los valores obtenidos se eligieron las estadísticas de PVGIS y ARCONEL para la realización del proyecto, son las que presentan menor error y porque la Norma Ecuatoriana de la Construcción indica que en ausencia de medidas propias se utilicen los datos provistos por el atlas solar del ARCONEL.
- El sistema SFV cumple con los requisitos ambientales establecidos en la legislación ambiental, así como el apego a los requerimientos del cambio de la matriz productiva del Ecuador y su búsqueda de generar energía a través de fuentes renovables.
- El estudio fue hecho en la ciudad de Riobamba, perteneciente a la región sierra, donde incide más radiación solar que en las otras regiones del país (a excepción de Galápagos que es mucho mayor) además que la cantidad de humedad es estable, permitiendo el paso de los rayos solares con facilidad, beneficiando la instalación del sistema solar fotovoltaico en la ciudad.
- Los parámetros usados en el sistema SFV tales como capacidad de cada batería (12 Voltios y de 150 Amperios-hora), ángulos de inclinación de paneles (15°), distancias entre paneles como (referente a edificaciones y paredes cercanas), diámetro de conductores (#10 paneles, #14 reflectores), protecciones para sobrecargas (fusibles y termomagnéticos de 40 Amperios), entre otros parámetros fueron establecidos de acuerdo a normativas nacionales y documentos de requisitos internacionales.
- El análisis económico del proyecto revela que el proyecto es viable en su totalidad, tanto nivel de inversión particular por el tiempo en que se puede pagar el sistema SFV y porque existe un ahorro en el pago de facturas eléctricas si se lo implementara con la electricidad de la ciudad durante la vida útil del sistema SFV.

- Se implementó un sistema solar fotovoltaico, que permite el abastecimiento eléctrico para la iluminación de un parqueadero privado en la ciudad de Riobamba sus resultados son visibles de manera física.

RECOMENDACIONES

- Se debería impulsar la regulación 009/06, que facilita el uso de los sistemas solares fotovoltaicos permitiendo la recuperación de la inversión del mismo, impulsar estos sistemas con programas de exoneración de impuestos por parte del Gobierno.
- Considerando el lugar geográfico donde va a ser implementado el sistema solar fotovoltaico, una vez revisado el atlas del Ecuador ayudara a conocer si un proyecto con las mismas o similares características puede ser rentable en todos los aspectos vistos en esta tesis.
- Es recomendable mantener una adecuada ventilación en los paneles para que tengan las temperaturas en valores convenientes. Para evitar posibles fallos los cuales provocan perdidas de energía y una baja eficiencia del sistema SFV.
- Para este tipo de instalaciones se puede escoger dos tipos de aislante para conductores que trabajen en áreas con presencia de humedad y que estén debidamente aislados para evitar incendios están, AWG, Incable y Plastiplomo sucre.
- Considerar la correcta conexión del banco de baterías y además de protecciones con seguridades altas según el dimensionamiento calculado y para la cantidad de paneles solares por si se desea aumentar la potencia del sistema.
- Realizar inspecciones periódicas de las conexiones de cables para verificar que no exista penetración de líquidos, polvos o cualquier elemento que deteriore las conexiones entre elementos como además de mediciones de voltajes y corrientes para asegurar el correcto funcionamiento del sistema SFV a lo largo de su vida útil o para cambios de elementos con daño.

GLOSARIO

Ah: Amperios-hora

N: Días de autonomía sin brillo solar

CO₂: Dióxido de carbono

CENACE: Centro Nacional de Control de Energía

CONELEC: Consejo Nacional de Electricidad

CONSUMO ELÉCTRICO: Para censar el gasto de un aparato eléctrico se lo relaciona con el número de Vatios hora (Wh) o Kilovatios hora (kWh) por un determinado tiempo. Se debe considerar principalmente la potencia de la carga (aparato) y del tiempo que esté funcionando.

ENERGÍA RENOVABLE: Se conoce como energía renovable a todo tipo de energía que se consigue de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la colosal cantidad de energía que abarca o porque son capaces de recobrase por medios naturales. (Oñate.F, 2014)

EPP: Elementos de protección personal

ERNC: Energías renovables no convencionales

ENERGÍA SOLAR: La energía solar es la energía emanada por el sol y que es evolucionada en energía útil por el ser humano, su utilización varía entre: calentar algo o producir electricidad (como sus principales aplicaciones), además de ser un factor determinante en la existencia de vida y ser el motor que impulsa el movimiento de colosales masas de aire y viento en nuestro planeta. (Oñate.F, 2014)

FV: Fotovoltaico

FVS: Sistemas fotovoltaicos

HSP: Horas solar pico

IEC 61215: Normas paneles fotovoltaicos

INAHMI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

INSOLACIÓN DIFUSA: También conocida como radiación difusa, es una parte de la radiación solar la cual se denomina difusa por no obedecer una sola trayectoria y ésta va en todas direcciones. Dependiendo de la posición ciertas superficies perciben más o menos radiación difusa siendo las de

posición horizontal las que perciben mayor radiación difusa y las de posición vertical las que perciben la mitad de la misma. (Arenas.A y Zapata.H, 2011) Este tipo de radiación es resultado no solo de las nubes sino del resto de fenómenos de reflexión y refracción solar que existe en la atmósfera. (Chávez.M, 2012)

INSOLACIÓN DIRECTA: Es la parte de la radiación solar que llega a la superficie de la Tierra sin perder su recorrido lineal desde el disco solar, se identifica este ejemplo de radiación por proyectar una sombra determinada de las superficies de objetos que la interceptan. (Solartronic.S.A., 2009) Se obtiene sin reflexiones o refracciones en su paso lineal. (Chávez.M, 2012)

INVERSOR DE CORRIENTE: A estos dispositivos se los conoce también como convertidores, se caracterizan por diferenciar el voltaje de entrada de corriente continua (DC) proveniente de las baterías a un voltaje de salida de corriente alterna (AC) el cual es correspondiente. (Menéndez.J y Llerena.M, 2015) Está constituido por un sinnúmero de circuitos electrónicos los cuales priorizan la eficiencia del circuito y disminuyen las pérdidas que se encuentran en un rango del 10 a 15 % en este tipo de dispositivos. (Egas.J, 2014)

kW/m²: Radiación solar (kilovatio por metro cuadrado)

MEER: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable

PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO: El panel solar fotovoltaico es el dispositivo que transforma la energía en forma de radiación (fotones) proveniente del sol en energía eléctrica de corriente continua (DC). Se fundamenta en el efecto fotovoltaico. (Chávez.M, 2012) Para que el panel solar fotovoltaico sea eficiente al 100% debe mantenerse en una temperatura de 25 °C. (Chuquin.N y Márquez, 2011)

S.N.I: Sistema nacional interconectado

SSFV: Sistemas solares fotovoltaicos

VAC: Voltaje corriente alterna

VDC: Voltaje corriente directa

BIBLIOGRAFÍA

ARCONEL. *Pliego Tarifario Para las Empresas Eléctricas, Agencia de Regulación y Control Quito,2020.* [En Línea] 2020. [Consulta:14 noviembre de 2020]. Recuperado de <https://www.cnelep.gob.ec/wpcontent/uploads/2020/01/pliego_tarifario_del_spee_2020_resolucion_nro_035_19.pdf>

ARENAS, A & ZAPATA, H. “*Libro interactivo sobre energía solar y sus aplicaciones*”. (tesis). (pregrado). Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira. Colombia, 2011. [Consulta: 12 noviembre de 2020]. Disponible en: <<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2369/62131244A681.pdf?sequence=1>>

AULESTIA, L & CELI, M. “*Implementación de un sistema de paneles solares fotovoltaicos con capacidad de 20KW/mes para ser utilizados en instalaciones industriales*”. (tesis)(pregrado). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Quito, Ecuador. (2017). [Consulta: 7 de noviembre de 2020]. Disponible en: <<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13636>>

AYALA, E. “*Diseño de un sistema fotovoltaico en el edificio administrativo del servicio ecuatoriano de capacitación profesional para reducir el consumo de energía eléctrica*”. (tesis)(pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Ecuador., 2011. [Consultado: 18 de enero de 2021] Disponible en: <<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/98>>

BAETHGE, E. BERZOY, A. GUZMÁN, V. & GIMÉNEZ, M. “*Nuevo sistema de control para el seguimiento del punto de máxima potencia en paneles solares basado en el control predictivo de corriente de convertidores cc-cc*”, 2011. Scielo. Vol.15 n.60 pp. 151-160 [Consulta: 20 noviembre de 2020]. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212011000300005

BEJARANO, N. “*Diseño de un sistema de generación solar para la iluminación externa del modular de la Escuela de Ingeniería en Ecoturismo. Riobamba*”. (tesis) (pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador, 2011. [Consultado el 2 de noviembre de 2020] Disponible en: <<http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/1884/1/15T00496.pdf>>

BUITRÓN, L. & ENCALADA, D. “*Construcción de un tablero didáctico para la obtención de energía eléctrica alternativa fotovoltaica apropiado para realizar prácticas en el laboratorio de electricidad de la universidad técnica del norte. Ibarra*”. (tesis) (pregrado). Universidad Técnica del Norte. Ibarra. Ecuador, 2012. [Consultado el 26 de noviembre de 2020] Disponible en: <<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1664/1/05%20FECYT%201420.pdf>>

CEVALLOS, C. “Implementación de cargadores solares como una alternativa al uso energético eléctrico convencional en el norte de la ciudad de Guayaquil”. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, 2017. [Consultado el 19 de noviembre de 2020] Disponible en: <<https://es.slideshare.net/Carlos5Luis/articulo-cientifico-implementacion-de-cargadores-solares-70880684>>

CHÁVEZ, M. “*Proyecto de Factibilidad para uso de paneles solares en Generación Fotovoltaica de Electricidad en el Complejo Habitacional “San Antonio de Riobamba”*”. (tesis) (pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador, 2012. [Consulta: 7 noviembre de 2020]. Disponible en: <<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2478/1/15T00522.pdf>>.

CHUQUIN, N. & MÁRQUEZ, F. “Diseño, construcción y pruebas de un sistema publicitario alimentado con energía solar y controlado con un relé inteligente (ZELIO). Riobamba.” (tesis) (pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador, 2011. [Consultado el 24 de noviembre de 2020] Disponible en: <<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/289/4/15T00430.pdf>>.

CIEZA, BR. “*Factibilidad de la Interconexión de la Central de Generación Fotovoltaica de 10 kw al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional para Aumentar la Confiabilidad de la Energía Jaén. Chiclayo. Perú*”. (tesis) (pregrado). Universidad Cesar Vallejo. Trujillo, Perú, 2019. [Consulta: 12 noviembre de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/35982/Cieza_ZW.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

CONELEC. *Plan Maestro de Electrificación 2013-2022, Cuenca: MEER, 2020.* [Consulta: 9 noviembre de 2020]. Disponible en: <<https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp->

content/uploads/downloads/2015/12/Vol3-Perspectiva-y-expansi%C3%B3n-del-sistema-el%C3%A9ctrico-ecuatoriano.pdf>.

CONELEC. *“Precios de la Energía Producida por Recursos energéticos renovables no convencionales. REGULACIÓN No. CONELEC – 009/06”.* Ecuador, 2006. [Consultado el 9 de febrero del 2021] disponible en: <<https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/CONELEC-PreciosRenovables4.pdf>>

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, MONTECRISTI: N.E, 2008. [Consulta: 11 noviembre del 2020]. Disponible en: <https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf>.

DUFFIE, J. & BECKMAN, W. *Solar energy of thermal processes, Fourth Edition.* WILEY. [En línea] 2013. [Consulta: 18 noviembre de 2020]. Disponible en: <<https://www.wiley.com/en-us/Solar+Engineering+of+Thermal+Processes%2C+4th+Edition-p-9780470873663>>

EI UNIVERSO. *Los presidentes Xi Jinping de China y Rafael Correa de Ecuador inauguraron este viernes la hidroeléctrica Coca Codo Sinclair,» Ecuador y China inauguran hidroeléctrica Coca Codo Sinclair.* EL Republica.18 noviembre del 2016. [Consulta: 10 noviembre 2020] Disponible en: <<https://www.larepublica.ec/blog/2016/11/18/xi-jinping-y-rafael-correa-inauguraron-hidroelectrica-coca-codo-sinclair/>>

EGAS, J. *“Diseño de un sistema para el reemplazo parcial de la demanda de energía mediante el empleo de energías renovables para usuarios residenciales, Quito”.* (tesis). (Pregrado). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador, 2014. [Consulta: 10 noviembre de 2020]. Disponible en: <[file:///D:/Downloads/CD-5961%20\(1\).pdf](file:///D:/Downloads/CD-5961%20(1).pdf)>

ENERGÍA SOLAR. *Energía solar fotovoltaica y energía solar térmica.* Energy Spain Alicante. [En línea] 2018 Consulta: 16 noviembre de 2020]. Disponible en: <<http://www.energy-spain.com/energia-solar>>

GALARZA, S. *“Análisis de la energía solar térmica y fotovoltaica para la comunidad de Limoncito”.* (tesis) (pregrado). Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador

2015. [Consultado el 18 de enero de 2021]. Disponible en:
<<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/3670/1/T-UCSG-PRE-TEC-IECA-34.pdf>>

GARCÍA, J. “*Diseño de un sistema de iluminación led con celdas solares autónomas para áreas externas de la u.c.s.m. Perú*” (tesis) (pregrado). Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú, 2017. [Consultado el 26 de noviembre del 2020] Disponible en:
<<https://core.ac.uk/download/pdf/198133806.pdf>>

GARCÍA, W. *Interruptores termomagnéticos y puesto a tierra*. [Mensaje del blog] [En línea] 2020. [Consultado el 2 de diciembre de 2020] Disponible en:
<<https://www.coursehero.com/file/60996267/INTERRUPTORES-TERMOMAGNETICOS-tarea-calificado-2docx/>>

GONZALES, E. “Sistema Fotovoltaico con mínimo almacenamiento de energía en el enlace CD. Cuernavaca, Morelos, México. (tesis)(maestría). Cebidet. Departamento de Ingeniería Electrónica.2008 [Consulta: 12 noviembre del 2020]. Disponible en:
<<https://www.cenidet.edu.mx/subplan/biblio/seleccion/Tesis/ME%20Eder%20Gonz%20E11ez%20To y%202008.pdf>>

GONZÁLEZ, G. ZAMBRANO, J. & ESTRADA, E. “*Estudio diseño e implementación de un sistema de energía solar en la comuna Puerto Roma de la Isla Mondragón del Golfo de Guayaquil, provincia del Guayas*” (tesis) (pregrado). Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil, Ecuador, 2014. [Consultado el 6 de enero del 2020] Disponible en:
<<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6553/1/UPS-GT000602.pdf>>

ITAZ, K. “Estudio de factibilidad de un sistema de generación fotovoltaico para brindar servicio al edificio sede de la organización latinoamericana de energía. Quito”. (tesis) (pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 2017. [Consultado el 14 de noviembre del 2020] <Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19000/1/CD-8401.pdf>>

JARAUTA, L. “Las Energías Renovables, Barcelona: UOC”. [En línea] 2014 [Consulta: 13 noviembre del 2020]. Disponible en: <https://www.worldcat.org/title/energias-renovables/oclc/951593665>

KHAN ACADEMY. *La luz: ondas electromagnéticas, espectro electromagnético y fotones.* [figura]. 2016 [Consultado el 21 de noviembre del 2020] Recuperado de <https://es.khanacademy.org/science/physics/light-waves/introduction-to-light-waves/a/light-and-the-electromagnetic-spectrum>

LEYRAN, C. “*Del generador al enchufe. ABB, p6*” [En línea] 2014. [Consulta: 17 noviembre del 2020]. Disponible en: https://library.e.abb.com/public/e5c9a44dae034dcb83cef3a96527160e/Revista%20ABB%20-2015_72dpi.pdf

LÓPEZ, A.& VITERI, G. “*Aplicación de fusibles e interruptores termo magnéticos. Guayaquil*”. (tesis) (pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador, 2010. [Consultado el 2 de diciembre del 2020] Disponible en <https://docplayer.es/9946157-Escuela-superior-politecnica-del-litoral-facultad-de-ingenieria-en-electricidad-y-computacion-aplicacion-de-fusibles-e-interruptores-termo.html>

LLERENA, M. & MENÉNDEZ, J. “*Diseño e implementación de un inversor de concesión a la red (GRID-TIE INVERTER) para paneles fotovoltaicos*”. (tesis). (pregrado). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. 2015. [Consulta: 14 noviembre del 2020]. Disponible en: [file:///D:/Downloads/CD-6414%20\(1\).pdf](file:///D:/Downloads/CD-6414%20(1).pdf)

MAE. “*ME trabaja en programas de mitigación y adaptación para reducir emisiones de CO2*”. [En línea]. 2017. [consultado el 13 de noviembre del 2020]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/mae-trabaja-en-programas-de-mitigacion-y-adaptacion-para-reducir-emisiones-de-co2-en-ecuador/>

MARTÍNEZ, J. “*Implementación de un sistema de celdas fotovoltaicas para el alumbrado del laboratorio de automatización de la facultad de ingeniería de la UAQ, Santiago de Querétaro*”. (tesis)(pregrado) Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, Mexico,2014. [Consulta: 12 noviembre del 2020]. Disponible en.: <https://docplayer.es/3949195-Universidad-autonoma-de-queretaro-facultad-de-ingenieria.html>

MEER. *Plan estratégico Institucional 2014 - .2017 Quito. Ecuador.* [Consulta: 10 noviembre 2020. Disponible en: <http://historico.energia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/06/6.2-PLAN-ESTRAT%C3%89GICO-MAYO-2014.pdf>

NERI, E. “*Sistema Fotovoltaico Con Seguimiento del Punto De Máxima Potencia y Regulación de Tensión Bajo Condiciones de Sombreado. Parcial*”. (tesis). (posgrado). Tecnológico Nacional de México. México, 2016 [Consulta:9 noviembre del 2020]. Disponible en: <https://docplayer.es/38324676-Centro-nacional-de-investigacion-y-desarrollo-tecnologico.html>

OÑATE, F. “*Mecanismo para la promoción de energías renovables no convencionales para la producción de energía eléctrica ene le ecuador*”. (tesis). (pregrado). Tecnológico. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador, 2014. [Consulta: 10 noviembre del 2020]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/7113/1/CD-5299.pdf>

ORTIZ, N. SEGURA, X. VELÁZQUEZ, J. Y CAÑAVERA. V, “*Obtención de energía por medio de celdas solares*”.(tesis) (pregrado), Ncalpan: Instituto cultural Copán, 2015. [Consulta: 20 noviembre del 2020]. Disponible en: <http://vinculacion.dgire.unam.mx/vinculacion-1/Congreso-Trabajos-pagina/Trabajos-2015/Ciencias-biologicas/Quimica/4.%20CIN2015A10091.pdf>

OSCULLO, J. “*Evolución de las Emisiones de CO2 Producido por el Parque Generador del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador para el Periodo 2010-2015*” Revista Técnica "Energía" 13(1), 191-195 pp. 2017. [Consulta:13 noviembre del 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v13.n1.2017.21>

PACCO. K, *La energía solar fotovoltaica y sus aplicaciones.* Perú. Suelo Solar. [En línea]. 2010 [Consultado 25 de noviembre del 2020]. Disponible en: <https://suelosolar.com/noticias/fotovoltaica/peru/29-9-2010/la-energia-solar-fotovoltaica-peru>

PÉREZ, D. “*Análisis de un sistema de iluminación utilizando ampolletas de bajo consumo y alimentado por paneles fotovoltaicos*”. (Tesis) (Pregrado). Valdivia. Universidad austral de Chile, Chile, 2009. [Consulta: 23 noviembre del 2020]. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/bmfcp434a/doc/bmfcp434a.pdf>

PÉREZ, G. “*Análisis y elaboración de un control computarizado de los parámetros de un inversos para maximizar la transferencia de potencia de los paneles fotovoltaicos al inversor en un central solar fotovoltaico en el Ecuador.* Quito. (tesis). (pregrado). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. 2016. [Consulta: 18 noviembre del 2020]. Disponible en. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/13066/1/CD-6695.pdf>

PRADO, C. (2008). “Diseño de un Sistema Eléctrico Fotovoltaico para una comunidad aislada”. (tesis) (pregrado). Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 2008. [Consultado el 5 de enero del 2021] Disponible en [Diseño de un sistema eléctrico fotovoltaico.pdf](#) - [PDF Document]

RAMIREZ, L. “*Diseño e implementación del sistema solar fotovoltaico para una tricicleta híbrida impulsada por energía solar. Latacunga.*” (tesis) (pregrado). Universidad de las Fuerzas Armadas. 2015 [Consultado el 24 de noviembre del 2020]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/9915/T-ESPEL-EMI-0284.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

RYTOFT, C. *Energía Solar. ABB, P4.* [En línea] 2014. Consulta: 15 noviembre del 2020]. Disponible en: https://library.e.abb.com/public/e5c9a44dae034dcb83cef3a96527160e/Revista%20ABB%202015_72dpi.pdf

SANTAMARTA, J. *Las energías renovables son el futuro.* World Watch. [. En línea] 2004. Consulta: 15 noviembre del 2020]. Disponible en: <http://www.nacionmulticultural.unam.mx/mezinal/docs/511.pdf>

SARANGO, E. “*Mejoramiento del cableado de las luminarias abastecidas mediante un sistema fotovoltaico que está ubicado al ingreso de la casa sustentable del AEIRNNR. Loja*”. (tesis) (pregrado). Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador, 2015. [Consultado el 2 de diciembre del 2020] Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/18152/1/Sarango%20Merino%2C%20Edison%20Fernando.pdf>

SECRETARIA TÉCNICA PLANIFICA ECUADOR. *Plan Nacional de Desarrollo. Toda Una Vida 2017-2021,* Quito: 2017. [Consulta:8 noviembre del 2020]. Recuperado de <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf>

SECRETARÍA GENERAL DEL SISTEMA DE LA INTEGRACIÓN CENTROAMERICANA (SG-SICA). (2014). Guía de Buenas prácticas proyectos fotovoltaicos. Cabal. [Consultado el 5 de

enero del 2021] Disponible en:
file:///D:/Downloads/RE%208.52%20Guia%20de%20Proyectos%20Fotovoltaicos.pdf

SEMPLADES. *Plan Nacional del Buen Vivir. 2013 – 2017.* Quito. Ecuador. [Consulta: 11 noviembre 2020] Recuperado de <http://ftp.eeq.com.ec/upload/informacionPublica/2013/PLAN-NACIONAL-PARA-EL-BUEN-VIVIR-2013-2017.pdf>

SIMÓN, M. “*Estudio de la eficiencia óptica de reflectores secundarios lineales Fresnel. Madrid.*”(tesis)(pregrado). Universidad Carlos III de Madrid. 2019.[Consultado el 17 de noviembre del 2020] Disponible en: https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/30397/TFG_Maria-Jose_Simon_Castellano.pdf?sequence=1

TASA DE INTERÉS. (2019). [Consultado el 2 de febrero del 2021] Disponible en <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/TasasVigentes032019.htm>

TAVARES, J. & GALDINO, M. *Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos.* Grupo Trabalho de Energia Solar.GTES. Rio de Janeiro.20.14 [Consultado el 23 de noviembre del 2020] Disponible en:
http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf

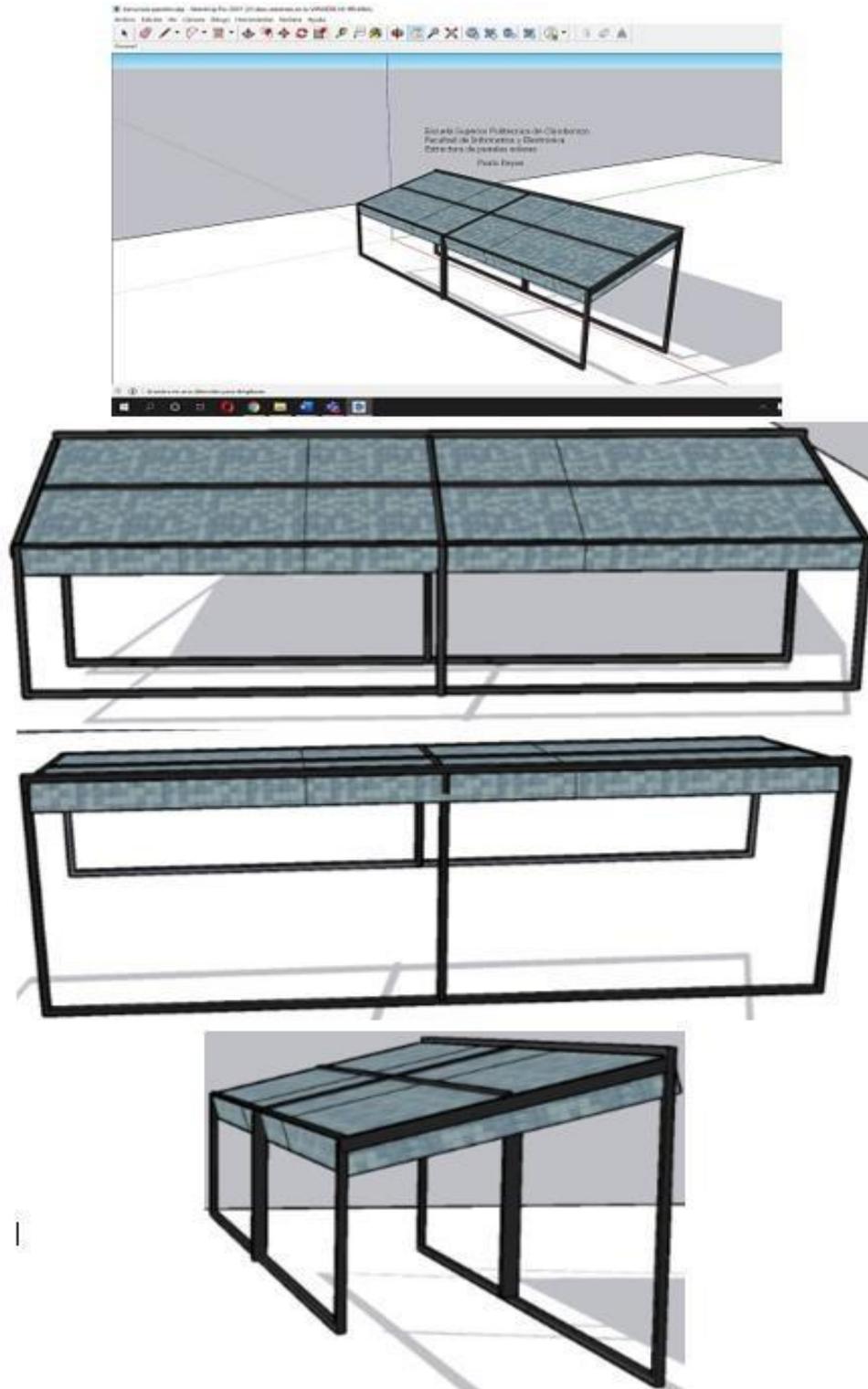
TOBAJAS. C. M, *Instalaciones Solares Fovovoltaicas,* S/N: CEYSA, 2015. [Consulta:11 noviembre del 2020]. Recuperado de <https://edicionesdelau.com/producto/instalaciones-solares-fovovoltaicas/>

TRUJILLO, P. *Sistema Fovovoltaico Autónomo Para casa de Campo en Colmenar.* [En línea] 2010 [Consulta:7 de noviembre del 2020] Disponible en:
<<https://core.ac.uk/download/pdf/72019084.pdf>>.

VÁSQUEZ, C. “*Análisis, modelamiento y gestión de una micro red eléctrica para edificaciones residenciales usando paneles fovovoltaicos*” (tesis).(pregrado). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.2014. [Consulta: 16 noviembre del 2020]. Disponible en:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7477/6/UPS-KT00875.pdf>

ANEXOS

ANEXO A: Hoja diseño de la estructura de paneles solares Sketchup.



ANEXO B: Hoja de datos técnicos del panel solar POWEST 270W.

POWEST®

POWEST

Paneles Solares Policristalinos 270W

Los paneles fotovoltaicos POWEST policristalinos son ideales para su uso en plantas de energía a gran escala, comerciales e instalaciones residenciales. Nuestros paneles fotovoltaicos están en línea con las normas de la Comisión Electro-técnica Internacional (IEC 61215, IEC 61730), e incluyen:

- Pruebas de exposición a exteriores
- Pruebas de aislamiento
- Pruebas de resistencia a puntos calientes
- Pruebas de pre acondicionamiento ultravioleta (UV)
- Pruebas de clima (como humedad-calor, ciclo térmico y humedad - congelación)
- Pruebas de carga mecánica
- Pruebas de fuga de corriente con humedad
- Pruebas de empuje
- Pruebas de impacto de granizo
- Pruebas de continuidad de conexión a tierra

Las principales características de nuestros paneles son:

- Diodo de derivación que reduce al mínimo la pérdida de potencia por la sombra
- Alta eficiencia de conversión del módulo (hasta 15,88%), gracias a una innovadora tecnología de fabricación
- Células solares de alta eficiencia con transmisión y cristal texturizado
- Vidrio templado con encapsulado EVA y película de protección frente al medio ambiente, con marco de aluminio anodizado, para una protección eficiente bajo condiciones ambientales extremas
- A prueba de agua (UL94, VO)



| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PANELES SOLARES | |
|---|--|
| Tipo de módulo | Poli - Cristalino |
| Potencia máxima | 270W |
| Tolerancia salida de potencia | ±0,5 % |
| Voltaje de circuito abierto | 37,9VDC |
| Corriente de cortocircuito | 9,27A |
| Voltaje en potencia máxima | 30,7VDC |
| Corriente en potencia máxima | 8,80A |
| Eficiencia | 16,5 % |
| Max. serie de fusible | 15A |
| Caja de conexiones (grado de protección) | ≥ IP65 |
| Máxima tensión del sistema | 1000V DC |
| Rango de temperatura de funcionamiento | -40°C to 85°C |
| Peso | 17,3kg |
| Célula (cantidad / material / número de líneas colectoras) | 60 / silicio multicristalino / 4 o 5 |
| Dimensiones (Altura ± Ancho x Profundidad) | 960mm / 960mm / 35mm |
| Clase de aplicación | A |
| Distancia Cable | 0,9m |
| Conector | MC4 / IP67 |
| Certificaciones y certificado | IEC 61215, IEC 61730, CE, ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, BS OHSAS 18001:2007, SA 6000:2015 |
| <small>STC: Irradiación de 1000 W / m², temperatura del módulo de 25 ° C, espectro AM1.5g según EN 60904-3. Reducción de eficiencia relativa promedio de 3,3% a 200W / m² según EN 60904-1.</small> | |

ANEXO C: Hoja de datos técnicos del Inversor 1kVA POWEST.



POWEST

UPS Híbrida 1 - 3 Kva



Los sistemas inteligentes de gestión de energía POWEST están equipados con un controlador MPTT que gestiona de manera eficiente la energía de sistemas de baterías, paneles solares, generadores eólicos y red eléctrica; logrando un sistema aislado sin cortes de luz, capaz de trabajar en 19 modos diferentes según la necesidad y la prioridad, equipado con un cargador inteligente que detecta el tipo de batería que se esté implementando.

- Señal de salida onda senoidal pura
- Capacidad de carga solar MPPT controlador
- Rango de tensión de entrada seleccionable para los electrodomésticos y ordenadores personales
- Selección de corriente para carga basado en aplicaciones
- Configurable AC / prioridad de entrada solar a través de ajuste de LCD
- Compatible con la tensión de red o de un generador
- Auto reinicio mientras que el AC se está recuperando
- Protección de sobrecarga y cortocircuito
- Diseño del cargador de batería inteligente, para un rendimiento optimizado de la batería
- Función de arranque en frío
- Funcionamiento en paralelo hasta con 6 unidades



| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS UPS HÍBRIDA | | |
|---|---|--|
| Capacidad | 1KVA 12V | 3KVA 24V |
| Topología de entrada | Monofásica | |
| Voltaje nominal de entrada | 120VAc | |
| Cantidad de hilos | 3 (Fase +Neutro +GND) | |
| | 95 -140 vac | |
| Rango de frecuencia de entrada | 50Hz o 60Hz (Detección Automática) | |
| Limitación de corriente de entrada | 150% sistema inversor y bypass | |
| Conexión | Bornera | |
| Topología de salida | Monofásica | |
| Voltaje nominal de salida | 120VAC | |
| Factor de potencia de Salida | 0,8 | |
| Potencia W | 1000VA/800W | 3000VA/2400 W |
| Tipo de onda de salida | Senoidal pura | |
| | 110/120VAC | |
| Tiempo de transferencia | 10 / 20 ms | |
| Cantidad de hilos | 3(Fase +Neutro+GND) | |
| Regulación de voltaje | ±1/-5% | |
| Sobre tensión de energía | 2 * Potencia Nominal por 5 Segundos | |
| Frecuencia nominal de salida | 50Hz/60Hz | |
| Capacidad de sobrecarga | 5s@±150% de carga; 10s@110%-150% de carga. | |
| Protecciones corto circuito | Modo línea: Fusible Modo Batería: Circuito electrónico | |
| Conexión | Bornera | |
| | Modo Línea: 90% | |
| Tipo de baterías | VRLA / GS / FT / OPz / GEL | |
| Voltaje DC | 12VDC | 24VDC |
| Corriente | 10/20 A | 20/30 A |
| | 13,5VDC | 27VDC |
| Protección de sobre voltaje | 15,5VDC | 31VDC |
| PotenciaW | 500W | 1500W |
| | 98% | |
| Max PV VOC | 102VDC | 145VDC |
| Rango de Operación PV MPPT | 15-80DC | 30-115VDC |
| Min Voltaje de Batería para PV cargador | 8,5VDC | 17VDC |
| Max Corriente de carga | 60A | 90A |
| | 40A | 60A |
| Dimensiones (Altura x Ancho x Profundo) | 318 x 240 x 95 mm | 470 x 295 x 140 mm |
| Peso Neto Kg (Sin Baterías) | 5,2 | 11,5 |
| Display LCD | Display LCD todos los parámetros | |
| | Condiciones de la carga, capacidad de la Batería, alarmas visuales y auditivas. Estado de operación del UPS (bypass, Línea, Baterías, Faltas) | |
| Conexión de Baterías Externo | Conector bornera | |
| Interfase | La UPS puede ser monitoreada por un PC vía USB | La UPS puede ser monitoreada por un PC vía RS232-USB |
| Tarjeta de red | NA | Para monitoreo y gestión a través de SNMP (Opcional solo 3KVA) |
| Conexión Paralelo | NA | hasta 6 unidades |
| Software | software Windows XP, Windows , Linux | |
| Gabinete | Tipo pared(indoor) NEMA Tipo 1 | |
| Humedad | 5% - 95% sin condensación | |
| Temperatura de Operación | 0°C - 55°C | |
| Temperatura de almacenamiento | 0°C - 55°C | |

* Sujeto a modificaciones sin previo aviso, según requerimiento del cliente, según disponibilidad de inventario y/o bajo pedido del cliente. * Fotos de referencia, accesorios se venden por separado.

ANEXO D: Hoja de datos técnicos Batería 150Ah POWEST.

BATERIA SELLADA 12V-150AH REF. FL121500GS



Especificaciones



Aplicaciones

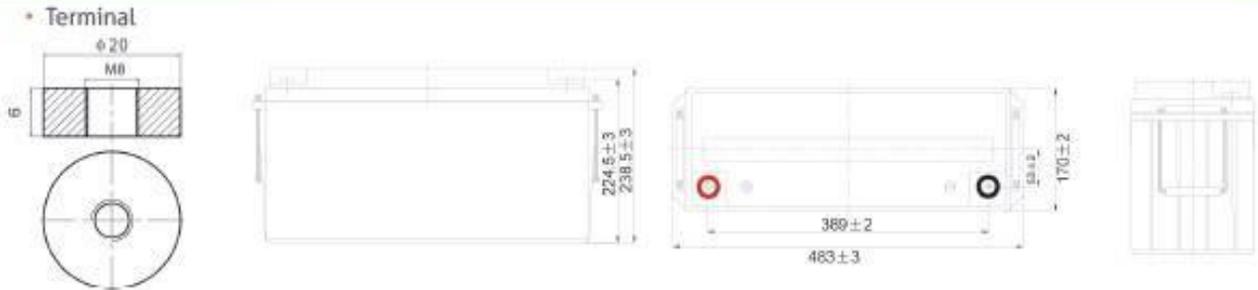
- De uso múltiple.
- Fuente de alimentación. Ininterrumpida (UPS).
- Sistema de potencia Eléctrica (EPS).
- Alimentación de reserva de emergencia.
- Luz de emergencia.
- Señal ferroviaria.
- Señal de aeronaves.
- Alarma y sistema de seguridad.
- Aparatos y equipos electrónicos.
- Fuente de alimentación comunicación.
- Fuente de alimentación DC.
- Sistema de control automático.

| | |
|---------------------------------------|--|
| Voltaje Nominal | 12V |
| Capacidad Nominal (20 Hr) | 150.0 Ah |
| Dimensiones | Longitud 483.0±3mm (19.0 ") Ancho 170±2mm (6.69 ") Altura 238.5±3mm (9.39 ") Altura Total 238.5±3mm (9.39 ") |
| Peso Aproximado | Aprox. 43.2 kg (95.3 lbs) |
| Terminal | T11-M8 |
| Material del Envase | ABS UL 94-HB (retardante de llama UL94V-0) |
| Rango de Operación | 156.0 AH/7.80 A (20hr, 1.80V/Celda,25° C/77°F) 150.0 AH/15.0A (10hr, 1.80V/Celda,25° C/77°F) 129.0 AH/25.8A (5hr, 1.75V/Celda,25° C/77°F) 117.0 AH/39.0A (3hr, 1.75V/Celda,25° C/77°F) 91.5 AH/91.5A (1hr, 1.60V/Celda,25° C/77°F) |
| Máxima Corriente de Descarga | 1500A(5s) |
| Resistencia Interna | Aprox. 3.5mΩ |
| Rango de Temperatura de Operación | Descarga -15-50°C (5-122°F) Carga 0-40°C (32-104°F) Almacenamiento -15-40°C (5-104°F) |
| Rango Nominal de Temp. de Operación | 25±3°C (77±5°F) |
| Ciclo de Uso | Corriente de carga Inicial de menos de 45.0A. Voltage. 14.4V - 15.0V a 25° C (77° F) de temperatura. Coeficiente -30mV /°C |
| Modo Espera | No hay límite en la carga Inicial de tensión actual. 13.5V - 13.8V a 25°C (77° F) Temp. Coeficiente -20mV /°C |
| Capacidad Afectada por la temperatura | 40°C (104°F) 103% 25°C (77°F) 100% 0°C (32°F) 86% |
| Auto- descarga | Las Baterías de la serie Fullbattery GS se pueden almacenar durante un máximo de 6 meses a 25°C (77°F) y luego se requiere una carga de reposición. Para temperaturas más altas del intervalo de tiempo será más corto. |

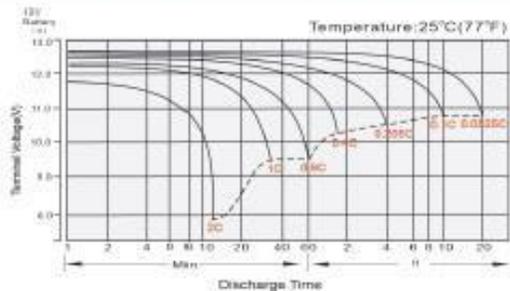
BATERIA SELLADA 12V-150AH REF. FL121500GS



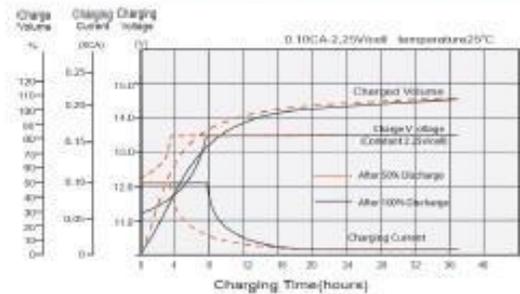
Dimensiones (mm)



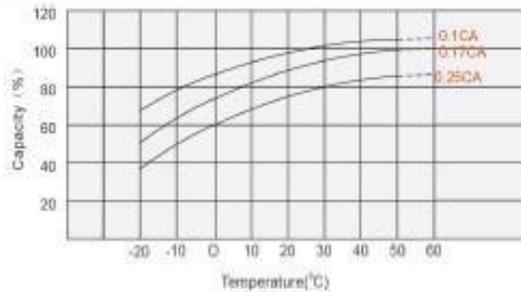
Características de Descarga



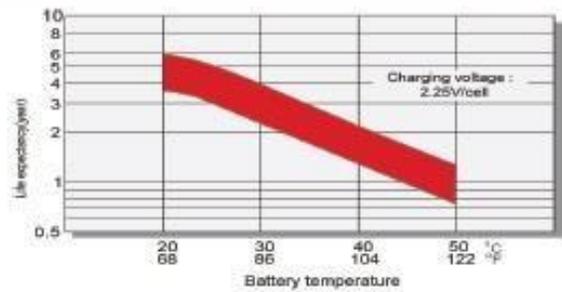
Características de Carga en flotación



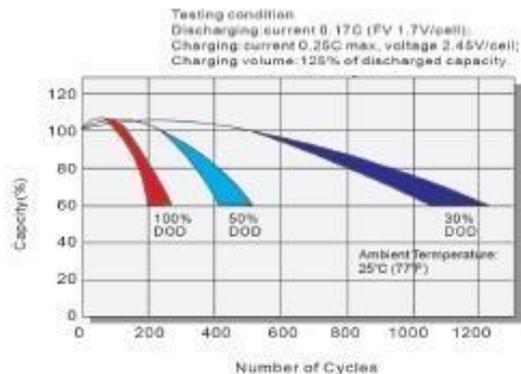
Efectos de la temperatura en relación con la capacidad de la batería



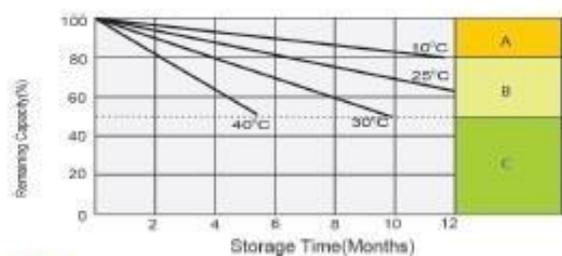
Efecto de la temperatura sobre la vida útil de la batería en flotación



Ciclo de vida en relación a la profundidad de descarga



Características de Auto-descarga



- A** No requiere carga suplementaria (Realizar la carga suplementaria antes de usar si se requiere el 100% capacidad).
- B** Se requiere carga suplementaria antes usar. Opciones de Carga:
1.Cargar durante 3 días con una corriente constante 0.25CA y un Voltaje constante 2.25V / celda.
2.Cargar durante 30 horas con una corriente constante 0.25CA y un Voltaje constante 2.25V / celda.
3.Cargar durante 8-10 horas con una corriente limitada 0.05CA.
- C** Después de realizar cargas suplementarias es difícil recuperar la capacidad de la batería. La batería no debe almacenarse por periodos prolongados de tiempo.

Anexo E: Proforma de elementos del Sistema Solar Fotovoltaico de la empresa Sispromed



Saquisilí E8-272 y Granada
 Transversal 14 y Nela Martínez
 Cel. 0961744059 – 0992031690
 RUC. 1793060404001
 www.sispromed.ec

A CONTINUACIÓN SE PRESENTA A SOLICITUD DEL CLIENTE OPCION # 1

| DESCRIPCION DEL BIEN O SERVICIO | V. Unitario | CANTIDAD | V. TOTAL |
|---|-------------|------------------|-----------------|
| PANEL SOLAR POWEST 270W Garantía por defectos de fábrica 18 meses | 153,09 | 2 | 306,18 |
| INVERSOR SOLAR ALL IN ONE 3 KVA ON-GRID 2400W 24VDC/110V Garantía por defectos de fábrica 18 meses | 648,56 | 1 | 648,56 |
| BATERIA SELLADA 12V-200 AH REF. FL122000GS Garantía por defectos de fábrica 12 meses | 407,01 | 4 | 1628,04 |
| NO incluye tableros de bypass ni tableros de carga NO incluye materiales eléctricos NO incluye accesorios adicionales | | | |
| | | SUB-TOTAL | 2.582,78 |
| | | IVA 12 % | 309,93 |
| | | TOTAL | 2.892,71 |

A CONTINUACIÓN SE PRESENTA A SOLICITUD DEL CLIENTE OPCION # 2

| DESCRIPCION DEL BIEN O SERVICIO | V. Unitario | CANTIDAD | V. TOTAL |
|---|-------------|------------------|-----------------|
| PANEL SOLAR POWEST 150W Garantía por defectos de fábrica 18 meses | 109,48 | 4 | 437,92 |
| INVERSOR SOLAR ALL IN ONE 3 KVA ON-GRID 2400W 24VDC/110V Garantía por defectos de fábrica 18 meses | 648,56 | 1 | 648,56 |
| BATERIA SELLADA 12V-150 AH REF. FL121500GS Garantía por defectos de fábrica 12 meses | 318,33 | 4 | 1273,32 |
| NO incluye tableros de bypass ni tableros de carga NO incluye materiales eléctricos NO incluye accesorios adicionales | | | |
| | | SUB-TOTAL | 2.359,80 |
| | | IVA 12 % | 283,18 |
| | | TOTAL | 2.642,98 |

Anexo G: Proforma de elementos del Sistema Solar Fotovoltaico de la empresa Friendly Energy EC.

|  FRIENDLY ENERGY EC La Armenia 2, Conjunto Chimborazo, Quito, Ecuador ☎ 0998235353 ✉ informacion@friendlyenergyec.com | | RUC: 1721432316001 PROFORMA Fecha: 11/01/2021 Válido hasta: 25/01/2021 | | | |
|---|--|---|--------------------|-------------------------|--|
| CLIENTE | | REALIZADO POR: | | | |
| Nombre: Paulo Reyes Dirección: Quito Email: | | Ing. Jean Pierre Ruiz ☎0987021605 ✉ presidencia@friendlyenergyec.com | | | |
| EQUIPOS PARA SISTEMA SOLAR HÍBRIDO OFF-GRID DE 1 kVA-0,8 kW | | | | | |
| Cantidad | Descripción | Precio unitario | Precio total | | |
| 1 | Inversor solar híbrido de 1 kVA-0,8 kW-110 Vac | \$ 291,21 | \$ 291,21 | | |
| 3 | Panel solar policristalino de 270 W | \$ 128,99 | \$ 386,97 | | |
| 2 | Batería solar sellada de 12 V-150 Ah | \$ 304,38 | \$ 608,76 | | |
| 1 | Conectores MC4 | \$ 23,74 | \$ 23,74 | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| SUBTOTAL | | | \$ 1.310,68 | | |
| DESCUENTO | | | \$ 60,68 | | |
| TOTAL A PAGAR | | | \$ 1.250,00 | | |
| <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th style="text-align: left;">Términos y condiciones:</th> </tr> <tr> <td> 1. Forma de pago: 60% antes, 40% contraentrega 2. Tiempo de entrega: 2 días laborables 3. En caso de pago con tarjeta de crédito, la entidad bancaria cobrará \$0,5 por la transacción, por pago con VISA/MASTERCARD un costo adicional del 5,5% en pagos corriente y 9,00% de pagos diferidos del TOTAL indicado en la cotización (para tarjetas AMERICAN EXPRESS, ALIA, DINERS los porcentajes difieren). 5. Garantía de equipos y accesorios: paneles solares (5 años), inversor (2 años), batería (1 año). 6. Tiempo de vida útil de equipos y accesorios: paneles solares (30 años), inversor (15 años), batería (10 años). </td> </tr> </table> | | | | Términos y condiciones: | 1. Forma de pago: 60% antes, 40% contraentrega 2. Tiempo de entrega: 2 días laborables 3. En caso de pago con tarjeta de crédito, la entidad bancaria cobrará \$0,5 por la transacción, por pago con VISA/MASTERCARD un costo adicional del 5,5% en pagos corriente y 9,00% de pagos diferidos del TOTAL indicado en la cotización (para tarjetas AMERICAN EXPRESS, ALIA, DINERS los porcentajes difieren). 5. Garantía de equipos y accesorios: paneles solares (5 años), inversor (2 años), batería (1 año). 6. Tiempo de vida útil de equipos y accesorios: paneles solares (30 años), inversor (15 años), batería (10 años). |
| Términos y condiciones: | | | | | |
| 1. Forma de pago: 60% antes, 40% contraentrega 2. Tiempo de entrega: 2 días laborables 3. En caso de pago con tarjeta de crédito, la entidad bancaria cobrará \$0,5 por la transacción, por pago con VISA/MASTERCARD un costo adicional del 5,5% en pagos corriente y 9,00% de pagos diferidos del TOTAL indicado en la cotización (para tarjetas AMERICAN EXPRESS, ALIA, DINERS los porcentajes difieren). 5. Garantía de equipos y accesorios: paneles solares (5 años), inversor (2 años), batería (1 año). 6. Tiempo de vida útil de equipos y accesorios: paneles solares (30 años), inversor (15 años), batería (10 años). | | | | | |
| _____ RECIBÍ CONFORME-CLIENTE | | _____ FRIENDLY ENERGY EC | | | |
| ESTE DOCUMENTO NO TIENE VALIDEZ TRIBUTARIA | | | | | |

Anexo H: Inversor y caja de protecciones del sistema SFV.





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 01 / 10 / 2021

| |
|--|
| INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S) |
| Nombres – Apellidos: PAULO CÉSAR REYES MARURI |
| INFORMACIÓN INSTITUCIONAL |
| Facultad: INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA |
| Carrera: ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN |
| Título a optar: INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN |
| f. Analista de Biblioteca responsable: Lcdo. Holger Ramos, MSc. |



Firmado electrónicamente por:
**HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA**

1638-DBRA-UPT-2021