



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

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

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LA  
ALIMENTACIÓN DE UN NEGOCIO MÓVIL PARA LA  
VENTA DE JUGOS (MOBILE-JUICE)**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERA ELÉCTRICA**

**AUTORA: EVELYN ESTEFANÍA DELGADO QUITUISACA**

**DIRECTOR: ING. DANIEL ORLANDO ICAZA ÁLVAREZ, MSC**

**CUENCA - ECUADOR  
2021**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

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

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

USO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LA  
ALIMENTACIÓN DE UN NEGOCIO MÓVIL PARA LA VENTA DE  
JUGOS (MOBILE-JUICE)

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERA ELÉCTRICA**

**AUTORA: EVELYN ESTEFANIA DELGADO QUITUISACA**

**DIRECTOR: ING. DANIEL ORLANDO ICAZA ÁLVAREZ, MSC**

**CUENCA - ECUADOR**

**2021**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**

### Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

**Evelyn Estefanía Delgado Quituisaca** portadora de la cédula de ciudadanía N° **0106002520**. Declaro ser la autora de la obra: **“Uso de Energía Solar Fotovoltaica para la Alimentación de un Negocio Móvil para la Venta de Jugos (Mobile – Juice)”**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **22 de noviembre de 2021**



F: .....  
Evelyn Estefanía Delgado Quituisaca  
0106002520

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Evelyn Estefanía Delgado Quituisaca, bajo mi supervisión.


Ing. Daniel Icaza Álvarez  
DIRECTOR DE CARRERA DE  
ING. ELÉCTRICA

---

**Ing. Daniel Orlando Icaza Álvarez MSc.**

**DIRECTOR**

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este trabajo de grado principalmente a Dios por bendecirme y permitirme alcanzar mis sueños.

A mis padres Gladys y Ángel por su esfuerzo y sacrificio realizado para que yo pueda cumplir mis sueños, a mis hermanos Adrián, Steven, Emmanuel y a mi sobrina, quienes con su amor incondicional me impulsaron a seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, agradezco a Dios por haberme brindado la oportunidad de continuar con mis estudios, a mi madre Gladys por los valores que me ha forjado desde mi niñez, por su apoyo incondicional, confianza, paciencia y sobre todo por motivarme a cumplir mis metas, a mis hermanos quienes siempre estuvieron apoyándome en las buenas y en las malas, los mismos que fueron el motor que me impulsó a perseguir mis sueños.

A mi enamorado y amigos, quienes confiaron en mí y me motivaron a seguir adelante, quienes me dieron fuerzas y voluntad para superar adversidades presentadas en el transcurso de mi vida académica y personal.

También quiero agradecer a mi tutor Ingeniero Daniel Orlando Icaza Álvarez MsC quien con sus conocimientos y apoyo me supo guiar en el transcurso del desarrollo de este trabajo, así como también en el transcurso de mi carrera profesional, de la misma forma agradezco a mis docentes por su paciencia y dedicación durante estos años.

## RESUMEN

En el presente trabajo investigativo, se realizó el estudio, diseño, modelamiento y simulación del uso de energía solar fotovoltaica para la alimentación de un negocio móvil para la venta de jugos (Mobile Juice), el mismo que tiene como finalidad proporcionar a la ciudadanía de Cuenca una alternativa de negocios sustentables y amigables con el medio ambiente. Para la elaboración de este trabajo se tomó en cuenta los meses de mayor y menor radiación e irradiación solar incidente en los parques de la ciudad, los mismos que fueron seleccionados de acuerdo a la concurrencia de la ciudadanía, los datos obtenidos fueron usados para el cálculo y selección de los diferentes elementos que conformarán el sistema solar fotovoltaico, una vez diseñado el proyecto se realizó encuestas sobre la aceptación y el impacto que tendrá el mismo, el proyecto realizado pretende que las personas opten por la implementación de nuevas tecnologías de generación eléctrica para sus negocios, mediante el cual puedan generar un ahorro económico y a la vez promover el cuidado del medio ambiente.

*Palabras clave:* energía solar fotovoltaica, negocios sustentables, radiación solar

## **ABSTRACT**

In this research work, the study, design, modeling, and simulation of the use of photovoltaic solar energy to power a mobile business for the sale of juices (Mobile - Juice), which aims to provide the citizens of Cuenca an alternative sustainable and environmentally friendly business was conducted. The development of this work was taking into account the months of higher and lower radiation and solar irradiation incident in the parks of the city, the same that were selected according to the concurrence of citizenship, the data obtained were used for the calculation and selection of the different elements that make up the solar photovoltaic system, once the project was designed surveys were conducted on the acceptance and impact it will have, the project aims that people opt for the implementation of new technologies for electricity generation for their businesses, through which they can generate economic savings and at the same time promote the care of the environment.

*Keywords:* photovoltaic solar energy, sustainable business, solar radiation

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|                                                                           |       |
|---------------------------------------------------------------------------|-------|
| DECLARACIÓN .....                                                         | ii    |
| CERTIFICACIÓN .....                                                       | iii   |
| DEDICATORIA .....                                                         | iv    |
| AGRADECIMIENTOS.....                                                      | v     |
| RESUMEN .....                                                             | vi    |
| ABSTRACT .....                                                            | vii   |
| ÍNDICE DE CONTENIDO .....                                                 | viii  |
| LISTA DE FIGURAS.....                                                     | xii   |
| LISTA DE TABLAS.....                                                      | xvi   |
| LISTA DE ANEXOS .....                                                     | xvii  |
| INTRODUCCIÓN .....                                                        | xviii |
| CAPITULO 1 .....                                                          | xx    |
| 1. INTRODUCCIÓN .....                                                     | xx    |
| 1.1 Objetivos .....                                                       | xx    |
| Objetivo general.....                                                     | xx    |
| Objetivos específicos.....                                                | xx    |
| 1.2 Alcance .....                                                         | xx    |
| 1.3 Justificación .....                                                   | xxi   |
| CAPITULO 2 .....                                                          | 1     |
| 2 MARCO TEORICO.....                                                      | 1     |
| 2.1 Energías renovables .....                                             | 1     |
| 2.1.1 Evolución de la energía renovable en el transcurso del tiempo. .... | 2     |
| 2.1.2 Ventajas de las energías renovables. ....                           | 3     |
| 2.2 Energía solar .....                                                   | 3     |
| 2.2.1 Radiación solar. ....                                               | 3     |
| 2.2.2 Formas de aprovechamiento. ....                                     | 5     |
| 2.3 Energía solar en el Ecuador .....                                     | 6     |
| 2.4 Energía solar fotovoltaica.....                                       | 7     |
| 2.4.1 Ventajas de la energía solar fotovoltaica. ....                     | 8     |
| 2.4.2 Tipos de conexiones. ....                                           | 9     |
| 2.4.2.1 Sistema solar fotovoltaico conectado a la red (on-grid). ....     | 9     |
| 2.4.2.2 Sistema solar fotovoltaico aislado (off-grid). ....               | 10    |

|            |                                                                                      |    |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.5        | Elementos de un sistema solar fotovoltaico .....                                     | 10 |
| 2.5.1      | Módulos fotovoltaicos.....                                                           | 11 |
| 2.5.1.1    | Partes de un módulo fotovoltaico.....                                                | 11 |
| 2.5.1.2    | Tipos de paneles solares. ....                                                       | 13 |
| 2.5.1.3    | Conexión de los módulos fotovoltaicos. ....                                          | 13 |
| 2.5.2      | Reguladores.....                                                                     | 15 |
| 2.5.3      | Baterías.....                                                                        | 16 |
| 2.5.3.1    | Tipos de batería.....                                                                | 18 |
| 2.5.4      | Inversor. ....                                                                       | 19 |
| 2.5.4.1    | Características técnicas de los inversores. ....                                     | 20 |
| 2.5.4.2    | Tipos de inversores.....                                                             | 20 |
| 2.5.4.2.1  | Con conexión a red.....                                                              | 20 |
| 2.5.4.2.2  | Sistemas aislados.....                                                               | 20 |
| 2.6        | Eficiencia energética .....                                                          | 21 |
| 2.6.1      | Beneficios de la eficiencia energética. ....                                         | 22 |
| 2.6.2      | Eficiencia energética en Ecuador. ....                                               | 23 |
| 2.6.3      | Etiqueta de eficiencia energética. ....                                              | 24 |
| CAPITULO 3 | .....                                                                                | 26 |
| 3          | DISEÑO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO .....                                          | 26 |
| 3.1        | Ubicación.....                                                                       | 26 |
| 3.1.1      | Condiciones climatológicas. ....                                                     | 27 |
| 3.1.2      | Radiación solar. ....                                                                | 27 |
| 3.1.2.1    | Niveles de radiación solar existentes en los parques de la ciudad de Cuenca. ....    | 28 |
| 3.1.2.1.1  | Parque el Paraíso.....                                                               | 28 |
| 3.1.2.1.2  | Parque de la Madre.....                                                              | 31 |
| 3.1.2.1.3  | Parque Miraflores. ....                                                              | 33 |
| 3.1.2.1.4  | Parque de la Luz. ....                                                               | 36 |
| 3.1.2.1.5  | Parque Ictocruz. ....                                                                | 38 |
| 3.1.2.1.6  | Parque Tarqui – Guzho.....                                                           | 41 |
| 3.1.2.2    | Promedio de Irradiación solar existentes en los parques de la ciudad de Cuenca... 43 |    |
| 3.1.2.3    | Hora Solar Pico HSP .....                                                            | 44 |
| 3.2        | Tipo de conexión del sistema solar fotovoltaico.....                                 | 44 |
| 3.2.1      | Orientación y ángulo de inclinación de los módulos fotovoltaicos.....                | 45 |
| 3.2.2      | Sombreado. ....                                                                      | 48 |
| 3.3        | Artefactos eléctricos requeridos en el negocio (Mobile – Juice) .....                | 49 |

|            |                                                                                                                  |    |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.3.1      | Nevera .....                                                                                                     | 49 |
| 3.3.1.1    | Datos técnicos .....                                                                                             | 49 |
| 3.3.2      | Licuada .....                                                                                                    | 50 |
| 3.3.3      | Extractor de jugo de naranja .....                                                                               | 51 |
| 3.4        | Demanda energética del sistema .....                                                                             | 51 |
| 3.5        | Cálculo y selección del sistema solar fotovoltaico .....                                                         | 52 |
| 3.5.1      | Módulo Fotovoltaico de 12 V. ....                                                                                | 53 |
| 3.5.2      | Batería. ....                                                                                                    | 54 |
| 3.5.3      | Inversor. ....                                                                                                   | 55 |
| 3.5.4      | Regulador. ....                                                                                                  | 56 |
| 3.5.5      | Conductores eléctricos.....                                                                                      | 57 |
| 3.5.6      | Sistema de protección.....                                                                                       | 59 |
| 3.5.7      | Diagrama Unifilar del sistema fotovoltaico del negocio móvil para la venta de jugos (Mobile – Juice). ....       | 59 |
| CAPITULO 4 | .....                                                                                                            | 61 |
| 4          | MODELADO Y SIMULACIÓN .....                                                                                      | 61 |
| 4.1        | Modelado matemático del módulo fotovoltaico .....                                                                | 61 |
| 4.2        | Simulación del comportamiento de un módulo fotovoltaico con respecto a los datos temperatura e irradiación ..... | 63 |
| 4.2.1      | Curvas resultantes I – V y P – V de acuerdo a la variación de la irradiación.....                                | 65 |
| 4.2.2      | Curvas resultantes I – V y P – V de acuerdo a la variación de la temperatura.....                                | 66 |
| 4.3        | Modelado matemático del sistema de baterías .....                                                                | 67 |
| 4.3.1      | Simulación de estado de carga (SOC) de la batería.....                                                           | 68 |
| 4.4        | Resultado experimental del sistema fotovoltaico del negocio “Mobile - Juice” .....                               | 71 |
| CAPITULO 5 | .....                                                                                                            | 74 |
| 5          | DISEÑO ESTRUCTURAL EN 3D (AUTOCAD), ANÁLISIS ECONÓMICO Y TABULACIÓN DE DATOS OBTENIDOS.....                      | 74 |
| 5.1        | Diseño estructural en 3D (AutoCAD) del negocio (Mobile – Juice).....                                             | 74 |
| 5.1.1      | Parte externa del negocio (Mobile – Juice).....                                                                  | 76 |
| 5.1.1      | Parte interna del negocio (Mobile – Juice). ....                                                                 | 78 |
| 5.1.2      | Parte eléctrica del negocio (Mobile – Juice). ....                                                               | 80 |
| 5.2        | Análisis económico .....                                                                                         | 81 |
| 5.2.1      | Inversión total del sistema solar fotovoltaico. ....                                                             | 81 |
| 5.2.2      | Costo del consumo energético de la red de Distribución. ....                                                     | 81 |
| 5.2.3      | Costo beneficio.....                                                                                             | 82 |

|                                  |                                                                      |    |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----|
| 5.3                              | Análisis ecológico .....                                             | 82 |
| 5.4                              | Descripción del instrumento metodológico usado en las encuestas..... | 82 |
| 5.4.1                            | Tabulación de datos obtenidos en la encuesta.....                    | 83 |
| 5.5                              | Trabajo recomendado .....                                            | 91 |
| CONCLUSIONES .....               |                                                                      | 93 |
| RECOMENDACIONES .....            |                                                                      | 94 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS ..... |                                                                      | 95 |
| BIBLIOGRAFÍA.....                |                                                                      | 95 |
| ANEXOS .....                     |                                                                      | 98 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Fig. 1. Fuentes de Energías Renovables .....                                                  | 1  |
| Fig. 2. Marco de transmisión energética.....                                                  | 2  |
| Fig. 3. Radiación Solar .....                                                                 | 4  |
| Fig. 4. Formas de Aprovechamiento .....                                                       | 5  |
| Fig. 5. Atlas Solar del Ecuador – GHI Anual .....                                             | 6  |
| Fig. 6. Energía emitida por el Sol.....                                                       | 7  |
| Fig. 7. Efecto fotovoltaico.....                                                              | 8  |
| Fig. 8. Diagrama Unifilar de un sistema solar fotovoltaico conectado a la red (On-grid) ..... | 9  |
| Fig. 9. Diagrama Unifilar de un sistema solar fotovoltaico aislado (Off-grid) .....           | 10 |
| Fig. 10. Parte frontal y posterior de un módulo fotovoltaico .....                            | 11 |
| Fig. 11. Partes de un módulo fotovoltaico .....                                               | 12 |
| Fig. 12. Conexión en Paralelo .....                                                           | 14 |
| Fig. 13. Conexión en serie .....                                                              | 14 |
| Fig. 14. Conexión mixta .....                                                                 | 15 |
| Fig. 15. Regulador.....                                                                       | 15 |
| Fig. 16. Tipos de reguladores .....                                                           | 16 |
| Fig. 17. Batería.....                                                                         | 17 |
| Fig. 18. Inversor CC/CA.....                                                                  | 19 |
| Fig. 19 Diagrama de acciones de eficiencia energética.....                                    | 21 |
| Fig. 20. Beneficios de la eficiencia energética.....                                          | 22 |
| Fig. 21. Consumo energético en cada sector .....                                              | 23 |
| Fig. 22. Partes de una etiqueta de eficiencia energética .....                                | 24 |
| Fig. 23. Escala energética .....                                                              | 25 |
| Fig. 24. Ubicación geográfica de la ciudad de Cuenca .....                                    | 26 |
| Fig. 25. Histograma de la Temperatura de la ciudad de Cuenca.....                             | 27 |
| Fig. 26. Mapa de radiación solar de la ciudad de Cuenca .....                                 | 28 |
| Fig. 27. Histograma de la irradiación solar del parque el Paraíso (HOMER) .....               | 29 |
| Fig. 28. Histograma de la irradiación solar del parque el Paraíso (SolarGis) .....            | 29 |
| Fig. 29. Histograma de la irradiación solar del parque el Paraíso (Global Solar Atlas) .....  | 30 |
| Fig. 30. Histograma de la irradiación solar del parque el Paraíso (PVsyst) .....              | 30 |
| Fig. 31. Histograma de la irradiación solar del parque de la Madre (HOMER) .....              | 31 |
| Fig. 32. Histograma de la irradiación solar del parque de la Madre (SolarGis).....            | 32 |

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Fig. 33. Histograma de la irradiación solar del parque de la Madre (Global Solar Atlas) .....                      | 32 |
| Fig. 34. Histograma de la irradiación solar del parque de la Madre (PVsyst) .....                                  | 33 |
| Fig. 35. Histograma de la irradiación solar del parque Miraflores (HOMER).....                                     | 34 |
| Fig. 36. Histograma de la irradiación solar del parque Miraflores (SolarGis) .....                                 | 34 |
| Fig. 37. Histograma de la irradiación solar del parque Miraflores (Global Solar Atlas) .....                       | 35 |
| Fig. 38. Histograma de la irradiación solar del parque Miraflores (PVsyst).....                                    | 35 |
| Fig. 39. Histograma de la irradiación solar del parque de la Luz (HOMER).....                                      | 36 |
| Fig. 40. Histograma de la irradiación solar del parque de la Luz (SolarGis) .....                                  | 37 |
| Fig. 41. Histograma de la irradiación solar del parque de la Luz (Global Solar Atlas).....                         | 37 |
| Fig. 42. Histograma de la irradiación solar del parque de la Luz (PVsyst).....                                     | 38 |
| Fig. 43. Histograma de la irradiación solar del parque Ictocruz (HOMER).....                                       | 39 |
| Fig. 44. Histograma de la irradiación solar del parque Ictocruz (SolarGis) .....                                   | 39 |
| Fig. 45. Histograma de la irradiación solar del parque Ictocruz (Global Solar Atlas) .....                         | 40 |
| Fig. 46. Histograma de la irradiación solar del parque Ictocruz (PVsyst).....                                      | 40 |
| Fig. 47. Histograma de la irradiación solar del parque Tarqui - Guzho (HOMER).....                                 | 41 |
| Fig. 48. Histograma de la irradiación solar del parque Tarqui - Guzho (SolarGis) .....                             | 42 |
| Fig. 49. Histograma de la irradiación solar del parque Tarqui - Guzho (Global Solar Atlas) .....                   | 42 |
| Fig. 50. Histograma de la irradiación solar del parque Tarqui - Guzho (SolarGis) .....                             | 43 |
| Fig. 51. Conexión del sistema solar fotovoltaico con el negocio móvil para la venta de jugos (Mobile - Juice)..... | 44 |
| Fig. 52. Orientación y Ángulo de inclinación del módulo fotovoltaico .....                                         | 47 |
| Fig. 53. Coeficiente de sombreado.....                                                                             | 48 |
| Fig. 54. Nevera.....                                                                                               | 49 |
| Fig. 55 <i>Licuada</i> .....                                                                                       | 50 |
| Fig. 56. Extractor de jugo de naranja .....                                                                        | 51 |
| Fig. 57. Circuito característico de un SFA.....                                                                    | 52 |
| Fig. 58. Módulo fotovoltaico .....                                                                                 | 53 |
| Fig. 59. Batería.....                                                                                              | 54 |
| Fig. 60. Inversor .....                                                                                            | 56 |
| Fig. 61. Datos técnicos del regulador .....                                                                        | 57 |
| Fig. 62. Calibre de conductores de acuerdo a la sección y amperaje .....                                           | 58 |
| Fig. 63. Diagrama Unifilar del sistema fotovoltaico del negocio (Mobile – Juice) .....                             | 59 |
| Fig. 64. Circuito equivalente de una célula solar.....                                                             | 61 |
| Fig. 65. Diagrama de bloques de un módulo fotovoltaico .....                                                       | 64 |

|                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Fig. 66. Curva característica I – V y P – V del módulo fotovoltaico de 200W.....                                                               | 64 |
| Fig. 67. Curva resultante I – V con la variación de la irradiación .....                                                                       | 65 |
| Fig. 68. Curva resultante P – V con la variación de la irradiación .....                                                                       | 65 |
| Fig. 69. Curva resultante I – V con la variación de la temperatura .....                                                                       | 66 |
| Fig. 70. Curva resultante P – V con la variación de la temperatura .....                                                                       | 67 |
| Fig. 71. Diagramada de bloques del modelado de una batería .....                                                                               | 67 |
| Fig. 72. Curva característica de descarga de una batería de 150 Ah .....                                                                       | 68 |
| Fig. 73. Curva característica SOC de una batería .....                                                                                         | 69 |
| Fig. 74. Curva resultante del estado de carga SOC .....                                                                                        | 69 |
| Fig. 75. Corriente de la batería.....                                                                                                          | 70 |
| Fig. 76. Tensión de la batería .....                                                                                                           | 70 |
| Fig. 77. Curvas resultantes de la carga, energía generada PV y del SOC de la batería durante el día ..                                         | 71 |
| Fig. 78. Simulación de la demanda energética anual del negocio “Mobile -Juice” .....                                                           | 72 |
| Fig. 79. Simulación del flujo de energía generada anualmente por el sistema fotovoltaico .....                                                 | 72 |
| Fig. 80. Simulación de carga y descarga de la batería durante el año .....                                                                     | 73 |
| Fig. 81. Curvas resultantes de la carga, generación de energía PV y el SOC en el mes de Septiembre                                             | 73 |
| Fig. 82. Diseño estructural en 3D (AutoCAD) del negocio móvil para la venta de jugos (Mobile – Juice)<br>.....                                 | 74 |
| Fig. 83. Diseño estructural de la manivela en AutoCAD.....                                                                                     | 75 |
| Fig. 84. Parte externa del negocio (Mobile – Juice) .....                                                                                      | 76 |
| Fig. 85. Diseño estructural del remolque en AutoCAD .....                                                                                      | 77 |
| Fig. 86. Diseño estructural de la hoja y tallo .....                                                                                           | 77 |
| Fig. 87. Diseño estructural de la parte superior del negocio “Mobile – Juice” .....                                                            | 78 |
| Fig. 88. Parte interna del negocio (Mobile – Juice) .....                                                                                      | 78 |
| Fig. 89. Diseño estructural de la parte inferior del negocio “Mobile – Juice” .....                                                            | 79 |
| Fig. 90. Diseño estructural del mesón en AutoCAD .....                                                                                         | 80 |
| Fig. 91. Parte eléctrica del negocio “Mobile – Juice” .....                                                                                    | 80 |
| Fig. 92. Diagrama de pastel resultante sobre el conocimiento de la energía renovable.....                                                      | 83 |
| Fig. 93. Diagrama de pastel resultante sobre los beneficios del uso de la energía renovable .....                                              | 83 |
| Fig. 94. Diagrama de pastel resultante sobre la aceptación de la generación de energía eléctrica<br>mediante el uso de fuentes renovables..... | 84 |
| Fig. 95. Diagrama de pastel sobre la contribución de la energía renovable para el futuro energético                                            | 84 |
| Fig. 96. Diagrama resultante sobre el conocimiento poseído acerca de energía solar fotovoltaica ....                                           | 85 |
| Fig. 97. Diagrama de barras resultante sobre el conocimiento de la energía solar.....                                                          | 85 |

|                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Fig. 98. Diagrama de pastel sobre el conocimiento de algún equipo o sistema que tenga paneles solares .....            | 86 |
| Fig. 99. Diagrama de pastel sobre los mayores obstáculos para el desarrollo de la energía solar.....                   | 86 |
| Fig. 100. Diagrama de barras sobre la aceptación del uso de energía solar para la generación de energía eléctrica..... | 87 |
| Fig. 101. Diagrama de pastel resultante de aceptación del proyecto.....                                                | 87 |
| Fig. 102. Diagrama de pastel resultante de la posibilidad de invertir en el proyecto .....                             | 88 |
| Fig. 103. Diagrama de barras resultante del mayor beneficio que brinda el proyecto .....                               | 88 |
| Fig. 104. Diagrama resultante de apoyó para la adquisición de los productos de venta del negocio..                     | 89 |
| Fig. 105. Diagrama de barras de la zona en que mayor impacto tendría el proyecto .....                                 | 89 |
| Fig. 106. Diagrama resultante del conocimiento del aprovechamiento de la energía solar en Cuenca                       | 90 |
| Fig. 107. Diagrama de barras resultante de crear o no una ordenanza para el uso de energías renovables.....            | 90 |
| Fig. 108. Esquema del sistema de transformación de energía mecánica a eléctrica.....                                   | 91 |
| Fig. 109. Diagrama Unifilar de la transformación de la energía mecánica a energía eléctrica .....                      | 92 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Tipos de Paneles Solares.....                                                                        | 13 |
| Tabla 2. Relación de la vida útil de las baterías en relación con la temperatura a la que son expuestas ..... | 17 |
| Tabla 3. Características técnicas.....                                                                        | 20 |
| Tabla 4. Datos específicos del parque el paraíso .....                                                        | 28 |
| Tabla 5. Datos específicos del parque de la Madre .....                                                       | 31 |
| Tabla 6. Datos específicos del parque Miraflores .....                                                        | 33 |
| Tabla 7. Datos específicos del parque de la Luz.....                                                          | 36 |
| Tabla 8. Datos específicos del parque Ictocruz .....                                                          | 38 |
| Tabla 9. Datos específicos del parque Tarqui - Guzho .....                                                    | 41 |
| Tabla 10. Irradiación solar mínima y máxima de los parques de la ciudad de Cuenca.....                        | 43 |
| Tabla 11. Tipos de Sombreado .....                                                                            | 48 |
| Tabla 12. Datos técnicos .....                                                                                | 50 |
| Tabla 13. Demanda energética del sistema .....                                                                | 51 |
| Tabla 14. Caída de tensión admisible según IDEA.....                                                          | 57 |
| Tabla 15. Cálculo de la sección de conductor para cada uno de los subsistemas .....                           | 58 |
| Tabla 16. Costo total del sistema .....                                                                       | 81 |
| Tabla 17. Costo mensual del consumo eléctrico.....                                                            | 81 |
| Tabla 18. Cálculo de la utilidad generada .....                                                               | 82 |

## LISTA DE ANEXOS

|                                                                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>ANEXO 1.</b> Registro fotográfico del parque el Paraíso .....                                                                                   | 98  |
| <b>ANEXO 2.</b> Registro fotográfico del parque de la Madre .....                                                                                  | 99  |
| <b>ANEXO 3.</b> Registro fotográfico parque Miraflores.....                                                                                        | 100 |
| <b>ANEXO 4.</b> Registro fotográfico parque de la luz .....                                                                                        | 101 |
| <b>ANEXO 5.</b> Registro fotográfico parque Tarqui Guzho .....                                                                                     | 102 |
| <b>ANEXO 6.</b> Código en Matlab: Curva característica Corriente – Voltaje y Potencia – Voltaje .....                                              | 103 |
| <b>ANEXO 7.</b> Código en Matlab: Curvas resultantes con respecto a la variación de la irradiación .....                                           | 104 |
| <b>ANEXO 8.</b> Código en Matlab: Curvas resultantes con respecto a la variación de la temperatura .....                                           | 106 |
| <b>ANEXO 9.</b> Diseño estructural realizado en AutoCAD .....                                                                                      | 108 |
| <b>ANEXO 10.</b> Datos de radiación solar y temperatura de los parques de la ciudad de Cuenca, obtenidos con la aplicación Solargis.....           | 110 |
| <b>ANEXO 12.</b> Datos de radiación solar y temperatura de los parques de la ciudad de Cuenca, obtenidos con la aplicación Global Solar Atlas..... | 123 |
| <b>ANEXO 13.</b> Catálogos de los equipos del sistema fotovoltaico .....                                                                           | 125 |
| <b>ANEXO 14.</b> Encuesta de aceptación del uso energía solar fotovoltaica en el negocio “Mobile-Juice” .....                                      | 130 |

## INTRODUCCIÓN

En el transcurso de los años el uso de energías renovables para la generación de energía eléctrica ha ganado gran realce siendo una de las mejores alternativas para conservar el medio ambiente en el que habitamos, es por ello que en la actualidad se busca que estas energías sean mayormente usadas por las personas brindándoles nuevas ideas para sus implementaciones, como es la implementación de un sistema solar fotovoltaico a un negocio móvil.

Este trabajo investigativo consiste en brindar a las personas de la ciudad de Cuenca especialmente a las que poseen negocios, la posibilidad de generar energía eléctrica mediante la aplicación del sistema solar fotovoltaico, logrando de esta manera tener negocios sustentables y amigables con el medio ambiente.

El desarrollo de esta investigación se lo realizó en 5 capítulos que se describen a continuación:

En el capítulo 1 se detalla cada uno de los objetivos, justificación y los alcances esperados por dicho proyecto.

En el capítulo 2 se estudia la evolución de la energía renovable, aplicaciones de la energía solar fotovoltaica, tipo de conexiones y los diferentes elementos que lo conformarán.

En el capítulo 3 se realiza el diseño y dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico aislado tomando en cuenta la demanda energética del negocio móvil para la venta de jugos (Mobile – Juice), de la misma forma se realiza una comparación de la irradiación solar existente en los parques de mayor afluencia de personas.

En el capítulo 4 se desarrolla el modelamiento y simulación del sistema fotovoltaico y de la carga.

En el capítulo 5 se elabora el diseño estructural del negocio móvil, el análisis económico y el análisis de los resultados obtenidos a través de las encuestas realizadas sobre la aceptación y el impacto del proyecto.

La realización de este trabajo investigativo tiene gran importancia para la ciudadanía de Cuenca, debido a que motiva a las personas el uso de energía solar fotovoltaica para la generación de energía eléctrica, al ser un proyecto novedoso brinda un gran aporte turístico para la ciudad, así como también ayuda a la mitigación del efecto invernadero producido por los combustibles fósiles.

Al ser un trabajo investigativo se desarrolló simulaciones para verificar si la propuesta planteada es óptima para la ciudad de Cuenca, así como también se realizó encuestas a las

personas de distintos sectores de la ciudad. De acuerdo a las simulaciones y encuestas realizadas se puede concluir que se cumplió con los objetivos propuestos.

El proyecto planteado presenta todas las facilidades para que en un futuro pueda ser ejecutado por cualquier persona que desee emprender con un negocio sustentable, lo cual generaría que la ciudad de Cuenca sea la primera en contar con este novedoso proyecto.

## **CAPITULO 1**

### **1. INTRODUCCIÓN**

#### **1.1 Objetivos**

##### **Objetivo general**

Promover el uso de la energía solar fotovoltaica como uno de los recursos renovables para la alimentación del sistema eléctrico de negocios móviles, mediante el estudio y simulación del sistema fotovoltaico.

##### **Objetivos específicos**

- Determinar la radiación solar existente en la ciudad de Cuenca.
- Brindar nuevas alternativas de innovación.
- Fomentar el uso de energía solar fotovoltaica para la generación de energía eléctrica.
- Diseñar y simular un sistema de energía solar fotovoltaica aislada.
- Analizar la factibilidad del uso de la energía solar fotovoltaica en negocios móviles.
- Incentivar a que los negocios sean amigables con el medio ambiente.
- Promover la importancia del cuidado ambiental.

#### **1.2 Alcance**

El presente trabajo investigativo se centra principalmente en promover el uso de energías renovables como lo es la energía solar fotovoltaica para la implementación en negocios móviles de la ciudad de Cuenca. El proyecto planteado consistente en la implementación de un sistema solar fotovoltaico en negocios móviles logrando de esta manera tener negocios sustentables, es decir que no requieren mayor inversión que la inicial debido a que contarán con una generación de energía eléctrica gratuita e ilimitada, siendo de la misma forma beneficiosa para el medio ambiente ya que no produce contaminantes ambientales lo cual ayuda a la mitigación del efecto invernadero.

Se obtendrá los datos de temperatura, radiación e irradiación solar de los diferentes parques de la ciudad de Cuenca mediante softwares especializados para posteriormente promediarlos, los valores obtenidos serán usados en el modelamiento y simulación del sistema solar fotovoltaico para determinar la eficiencia y factibilidad de la implementación de esta propuesta en la ciudad.

Mediante la realización de encuestas se determinará el grado de aceptación por parte de las personas de acuerdo a la propuesta planteada.

### **1.3 Justificación**

La ciudad de Cuenca cuenta diversos negocios móviles que se trasladan de un lugar a otro con la finalidad de incrementar sus ventas, debido a esto se han visto en la necesidad de abastecerse de energía eléctrica mediante generadores eléctricos que consumen combustibles fósiles los mismos que contribuyen con la contaminación ambiental.

Es por ello que este proyecto se plantea debido a la necesidad de brindar nuevas opciones amigables con el medio ambiente para las personas que poseen este tipo de negocios.

La ciudad de Cuenca al poseer una buena radiación solar brinda la oportunidad de realizar una implementación de un sistema solar fotovoltaico en los negocios móviles logrando de esta manera obtener negocios sustentables y amigables con el medio ambiente.

En la actualidad se busca una estabilidad ambiental mediante la reducción de la contaminación producida por la generación de energía eléctrica, debido a esto se busca nuevas alternativas para satisfacer estas necesidades y a la vez mejorar el aspecto de estos negocios con un diseño novedoso que impacte positivamente en los parques de la ciudad.

## CAPITULO 2

### 2 MARCO TEORICO

#### 2.1 Energías renovables

Las energías renovables se definen como el aprovechamiento de los recursos naturales inagotables, las mismas que pueden ser localizadas en cualquier parte del mundo unas en mayor proporción que otras dependiendo de la geografía del lugar, las energías generadas a partir de estos recursos son considerados como energías limpias debido a que contribuyen a la reducción del efecto invernadero, el sol es una de las principales fuentes de energía de la Tierra la misma que da origen a otras fuentes de energía renovable como se puede observar en la Fig.1. (Carta Gonzáles & Calero Pérez, 2015)

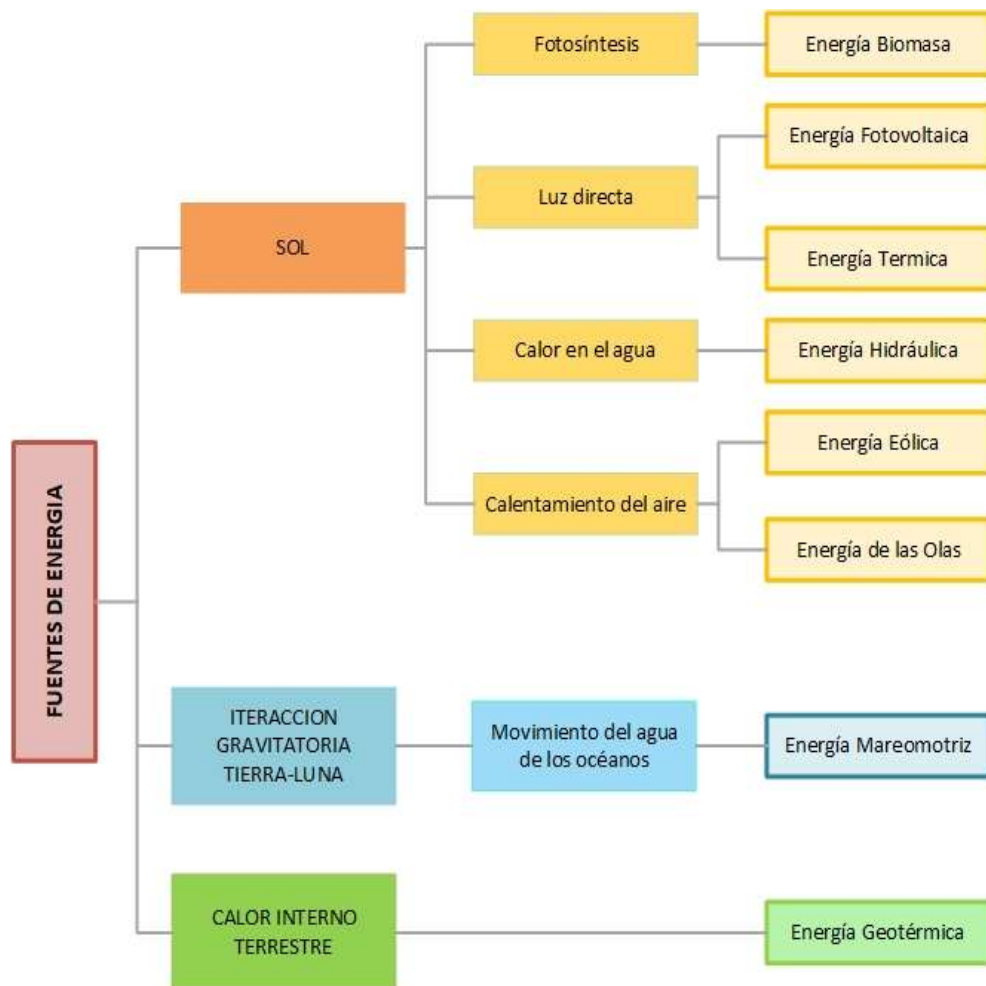


Fig. 1. Fuentes de Energías Renovables

Fuente: Autora

Debido al crecimiento de la población se han generado mayores demandas energéticas y con ello ha aumentado la contaminación ambiental, debido a los combustibles fósiles usados

para la generación de la energía eléctrica, es por ello que se busca nuevas alternativas amigables con el medio ambiente para satisfacer estas demandas energéticas.

En los últimos años el uso de las energías renovables ha estado ganando cada vez más importancia, debido a que son la parte fundamental para mejorar la calidad de vida de las personas las mismas que van de la mano con la conservación del medio ambiente y gracias al desarrollo de nuevas tecnologías para su aprovechamiento se han logrado obtener sistemas más eficientes, fiables y económicos.

Las energías renovables son la primera opción para ampliar, incrementar o modernizar los sistemas de generación de electricidad en todo el mundo garantizando la disponibilidad constante de la energía. Una de las ventajas de las energías renovables es que pueden ser aplicadas y explotadas en el mismo lugar donde se originan, lo que ayuda a disminuir la dependencia de las generadoras convencionales favoreciendo el desarrollo económico y la creación de empleo.

### 2.1.1 Evolución de la energía renovable en el transcurso del tiempo.

Las fuentes de energía renovables, en particular la eólica y la solar, han crecido a una tasa sin precedentes en la última década y han superado consistentemente expectativas.

Las energías renovables sin duda han comenzado a transformar el panorama energético global de forma irreversible. Al mismo tiempo, considerable la incertidumbre aún rodea la transición energética que se está produciendo. Como la rápida aceptación en los espectáculos de energías renovables, vivimos en una era de cambio exponencial y disrupción. (IRENA, 2019)

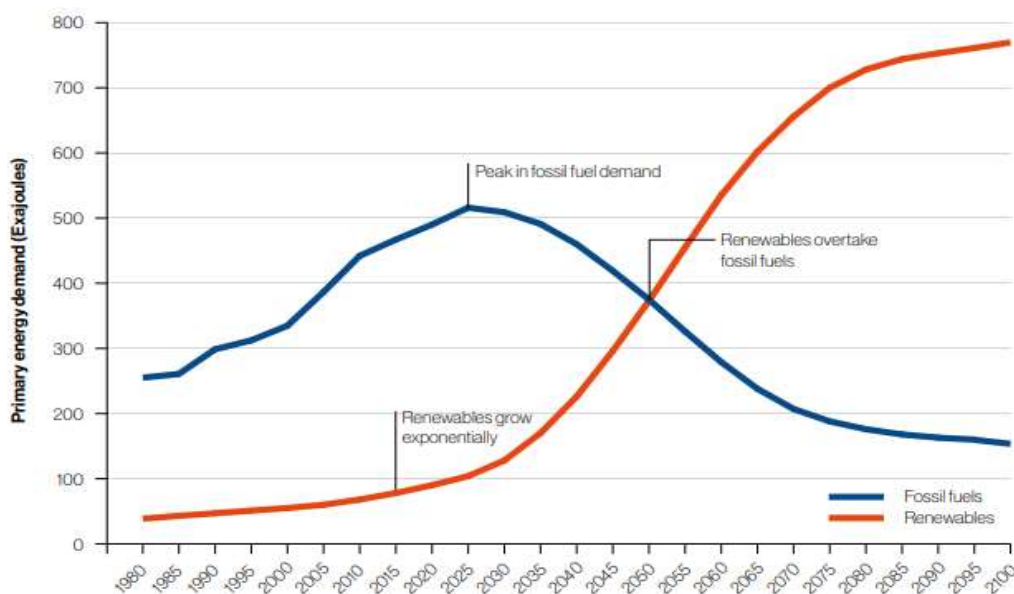


Fig. 2. Marco de transmisión energética

Fuente: (IRENA, 2019)

### **2.1.2 Ventajas de las energías renovables.**

- Son energías limpias, inagotables e indefinidas.
- Ayudan a reducir el efecto invernadero contribuyendo a disminuir el calentamiento global.
- Reducen nuestra huella de carbono.
- Son amigables con el medio ambiente.
- Reducen la dependencia energética.
- Permiten el desarrollo de tecnologías propias.
- Contribuyen a la producción de energía de forma mucho más sostenible que otras fuentes energéticas.
- Las energías renovables impulsan el crecimiento del empleo.
- No producen residuos peligrosos.
- Abaratan los costes de producción de energía debido a los avances tecnológicos de los últimos años.
- Se pueden instalar en zonas rurales y urbanas.

## **2.2 Energía solar**

La energía solar es uno de los recursos renovables, la misma que llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética, para posteriormente ser aprovechada en forma de calor o luz, mediante los diferentes sistemas tecnológicos utilizados para su aprovechamiento. La potencia generada mediante el aprovechamiento de la energía solar dependerá del lugar geográfico, la hora del día y las condiciones atmosféricas.

El Sol es el encargado de calentar la Tierra mediante partículas llamadas fotones las cuales viajan a través del espacio para la obtención de la energía solar, la cantidad de energía solar que recibe la Tierra anualmente es 4.500 veces mayor que la energía que esta consume.

A medida que la radiación atraviesa la atmósfera terrestre sufre atenuación por los procesos de absorción, reflexión y refracción. Tales procesos se verifican cuando los rayos de luz chocan con las nubes o con el vapor de agua existente en la atmósfera.

### **2.2.1 Radiación solar.**

La mayor parte de la energía disponible en la superficie terrestre procede del sol y de ella depende todos los procesos físicos que permiten la vida en el planeta, las variaciones climáticas dependen directa o indirectamente de la radiación solar.

La radiación solar es una corriente de energía que se dispersa uniformemente en el espacio en todas las direcciones, la misma que es captada en una superficie, en un tiempo determinado. La radiación solar que atraviesa la atmósfera terrestre se clasifica en tres componentes:

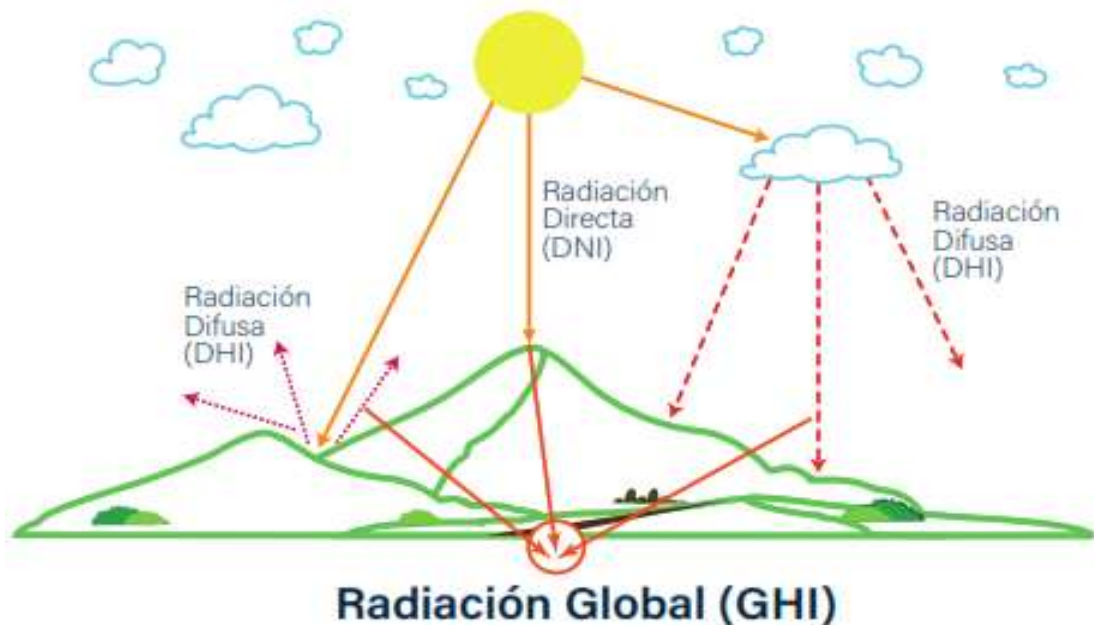


Fig. 3. Radiación Solar

Fuente: (Vaca & Ordóñez, 2019)

- **Radiación Directa (DNI):** Hace referencia a la radiación solar que incide de forma directa en la superficie, es decir no cambia de dirección en el transcurso de su recorrido.
- **Radiación Difusa (DHI):** Son los rayos captados después de que han sido redireccionados por efecto de la atmósfera o se han visto afectados por fenómenos de reflexión y refracción.
- **Radiación Global (GHI):** Es la suma de la radiación directa y difusa, es decir es el total de la energía solar que llega a la tierra, la misma que consta entre las seis de la mañana y seis de la tarde.

La radiación solar es una densidad de potencia instantánea en unidades de  $\text{kW/m}^2$ , el resplandor solar se desplaza durante el día desde  $0 \text{ kW/m}^2$  durante la noche hasta un máximo de aproximadamente  $1 \text{ kW/m}^2$ .

### 2.2.2 Formas de aprovechamiento.

La energía solar que llega a la Tierra satisface las necesidades energéticas básicas del hombre, la misma que usada eficazmente se logra obtener mayor energía de la necesaria, es por ello que desde la antigüedad ha sido aprovechada para diferentes actividades como en la agricultura, medicina, para calentar el agua, etc.

El aprovechamiento de la energía solar presenta grandes ventajas con respecto a la energía convencional, ya que es una energía gratuita, limpia e inagotable, la cual puede ser aprovechada de dos maneras diferentes como es la generación de energía eléctrica y energía térmica esto dependiendo del sistema que usemos para cada una de ellas.



Fig. 4. Formas de Aprovechamiento

Fuente: Autora

- La generación de la energía térmica se da mediante el aprovechamiento del calor del sol mediante colectores solares, la misma que al interactuar con la energía solar es almacenada en fluido o líquido, esta interacción entre el colector y la energía solar se la conoce como el efecto térmico, el mismo que puede ser aplicado en diferentes ámbitos como es calefacción, agua caliente sanitaria, climatización de piscinas, etc.
- La generación de la energía eléctrica se da mediante el uso de módulos fotovoltaicos la cual transforma la energía radiante del sol en energía química gracias a los semiconductores que lo conforman, para posteriormente ser convertida en energía eléctrica la misma que puede ser utilizada en diferentes ámbitos y en diferentes lugares, logrando tener de esta manera un sistema de generación eléctrica propia e independiente. (Carta Gonzáles & Calero Pérez, 2015)

El uso de la energía solar fotovoltaica ganó gran realce desde décadas atrás, luego de haber sido usado para proporcionar energía eléctrica a las naves espaciales este sistema funcionó mejor de lo esperado alimentando por mucho más tiempo al vehículo espacial, la demanda de células solares aumentó rápidamente en los años siguientes dado que el sistema solar fotovoltaico funciona de forma fiable y sin mantenimiento durante períodos prolongados.

### 2.3 Energía solar en el Ecuador

El Ecuador al estar localizado sobre la línea ecuatorial goza de una radiación solar constante debido a que el ángulo de incidencia de la luz solar es perpendicular a nuestra superficie durante todo el año, situación que no ocurre en otros lugares ya que su ángulo de incidencia varía de acuerdo a la estación del año.

La cordillera de los Andes crea múltiples microclimas en el territorio nacional por lo cual reduce el potencial energético en ciertas regiones, esto dependiendo de las condiciones climatológicas locales y de acuerdo a la cercanía o lejanía del sol, generalmente en las zonas ubicadas en elevada altitud tienen niveles de radiación mayores, debido a el menor espesor de la atmosfera y a la menor presencia de nubes, mientras que las regiones de transición hacia la costa o el oriente tienen niveles de radiación menores, dado que la presión atmosférica existente causan la formación de nubes provocando que estas regiones sean altamente húmedas y nubosas.

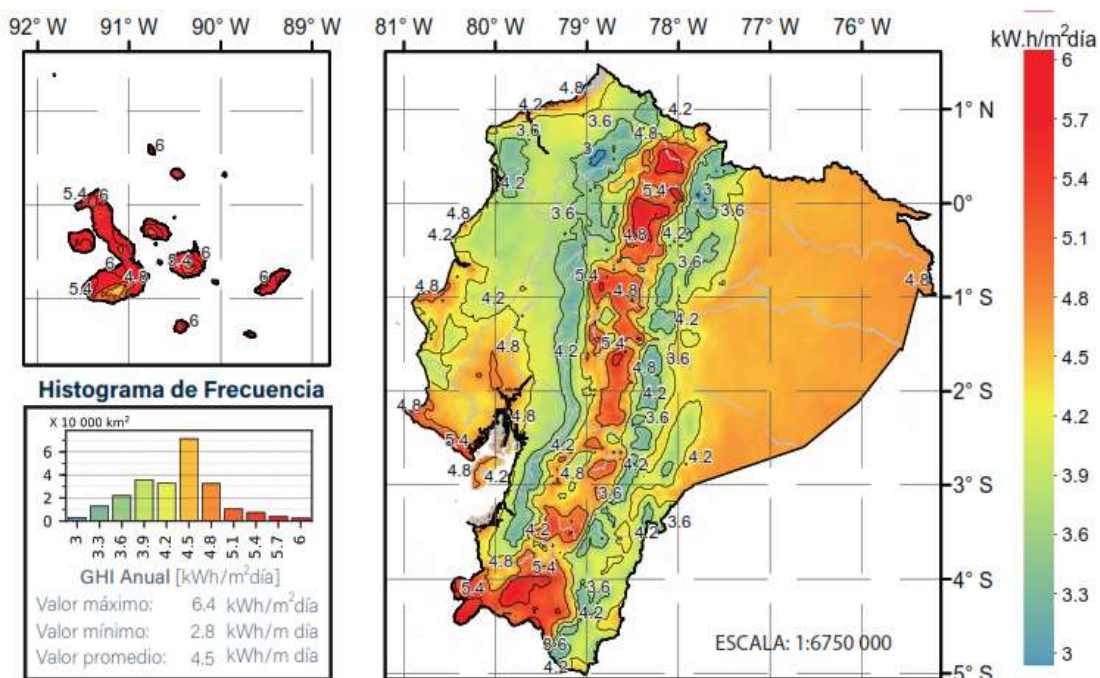


Fig. 5. Atlas Solar del Ecuador – GHI Anual

Fuente: (Vaca & Ordóñez, 2019)

El Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), al verse en la necesidad de contar con un documento técnico que cumpla con los requerimientos para la evaluación de la radiación solar en el Ecuador publicó desde Agosto del 2008 el “Atlas Solar del Ecuador con fines de generación eléctrica” a fin de impulsar el uso masivo de la energía solar como fuente energética, el cual fue elaborado por la Corporación para la Investigación Energética con el objetivo de impulsar la implementación de tecnologías solares en el Ecuador, es de vital importancia conocer con una buena precisión el recurso solar. (Vaca & Ordóñez, 2019)

## 2.4 Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica se basa en el aprovechamiento de la radiación solar mediante paneles solares los mismos que por el efecto fotovoltaico transforman la energía solar en energía eléctrica, para que se produzca este efecto es necesario que el Sol se encuentre a temperaturas muy altas para que pueda liberar la radiación solar, la misma que llega a la Tierra en los siguientes porcentajes:

- 7,2% ultravioleta
- 47,2% luz visible
- 45,6% de radiación infrarroja

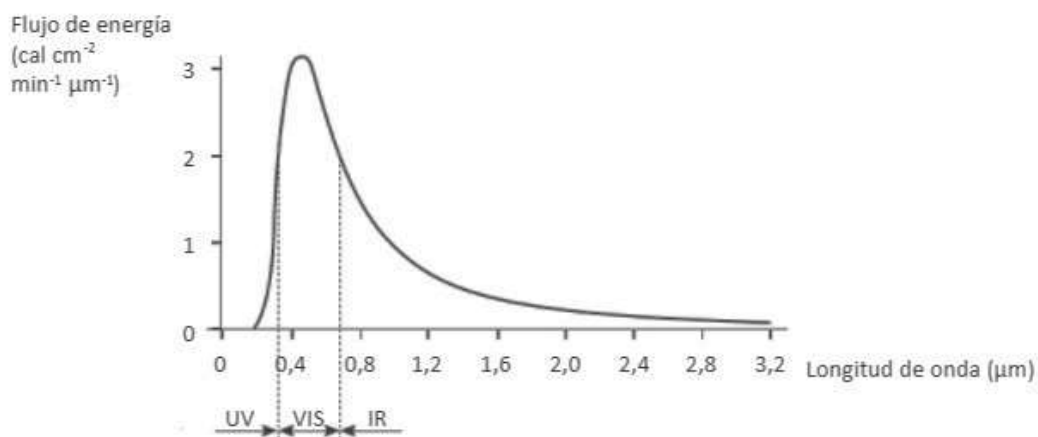


Fig. 6. Energía emitida por el Sol

Fuente: (Vega de Kuyper & Ramírez Morales, 2015)

Se produce el efecto fotovoltaico cuando los fotones de la radiación solar chocan con los átomos del material semiconductor, estos fotones pueden ser reflejados o absorbidos por la celda fotovoltaica, produciendo en su interior un desplazamiento de electrones para la generación de la energía eléctrica, cabe recalcar que solo los fotones absorbidos por el módulo fotovoltaico generarán energía eléctrica, es decir tan solo la luz visible del sol es captada por las células solares debido a que la luz ultra violeta llega a la Tierra en pequeñas cantidades y la radiación infrarroja tiene poca energía.

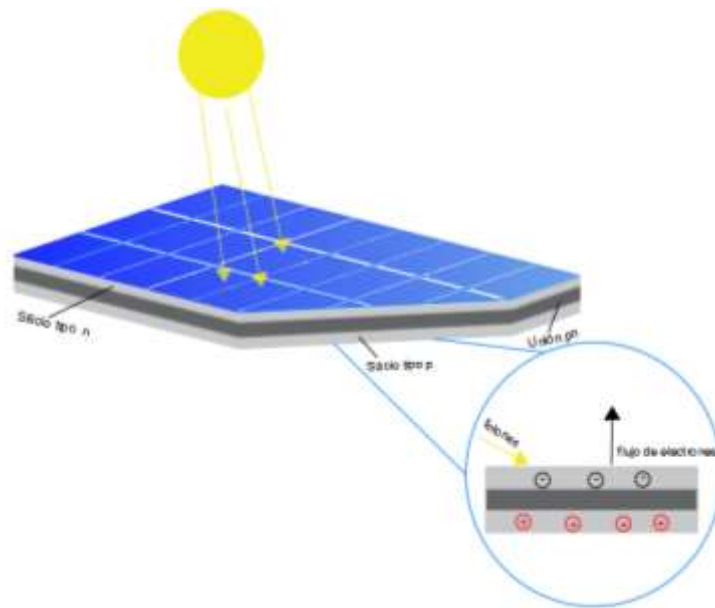


Fig. 7. Efecto fotovoltaico

Fuente: Autora

A lo largo de la historia la tecnología usada para el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica ha ido evolucionando tanto en su diseño, su eficiencia y sus costos, con la finalidad de llegar a ser una de las energías renovables mayor usada en el mundo.

El uso de energía solar fotovoltaica trae consigo grandes beneficios al ser una energía limpia e inagotable, la misma que se la puede encontrar en cualquier lugar del mundo en mayor o menor proporción esto dependiendo del día, la hora y el estado climatológico en el que se encuentre el lugar. (Carta Gonzáles & Calero Pérez, 2015)

Uno de los principales beneficios de la energía solar fotovoltaica es que ayuda a la reducción del Dióxido de Carbono, según fuentes del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), cada kWh generado con energía solar fotovoltaica evita la emisión de un kilo de CO<sub>2</sub> a la atmósfera comparándolo con la generación eléctrica con carbón y aproximadamente 400 g. de CO<sub>2</sub> en el caso de compararlo con la generación eléctrica con gas natural.

#### **2.4.1 Ventajas de la energía solar fotovoltaica.**

- Es una energía limpia que no genera emisiones de gases contaminantes.
- Se puede disponer de electricidad en lugares aislados.
- Pueden ser instalados a gran escala en zonas rurales.
- Los paneles solares y estructuras pueden ser reutilizados posteriormente de su desmontaje al final de su vida útil.

- La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía flexible, su potencia va desde microwatts a los Megawatts.
- Los módulos fotovoltaicos tienen una vida útil muy larga aproximadamente esta entre los 20 y 25 años.

## 2.4.2 Tipos de conexiones.

### 2.4.2.1 Sistema solar fotovoltaico conectado a la red (on-grid).

Este tipo de sistemas son mucho más confiables que el Sistema Solar Fotovoltaico Aislado debido a su interconexión con el sistema de distribución eléctrica, dándonos como ventaja principal una energía eléctrica constante, esto debido a que si la energía eléctrica generada por el sistema fotovoltaico no cubre el total de la demanda, el sistema de distribución eléctrica cubrirá el porcentaje de demanda restante mediante la introducción de energía eléctrica a la instalación, por otra parte si la energía generada por el sistema fotovoltaico supera el total de la potencia requerida por la instalación será entregada al sistema de distribución eléctrica mediante un contador bidireccional el mismo que contabilizará el intercambio de energía eléctrica entre los dos sistemas. (Chevez, 2018)

Además, de ello presenta ventajas económicas debido a que permite reducir los gastos generados por el consumo de la energía eléctrica tradicional, mediante la incorporación de un sistema de generación propio, valores que se verán reflejados en la planilla de facturación mensual, teniendo en cuenta que la adquisición de un sistema solar fotovoltaico para este tipo de conexión no requiere baterías de almacenamiento lo cual reduce el costo total del sistema.

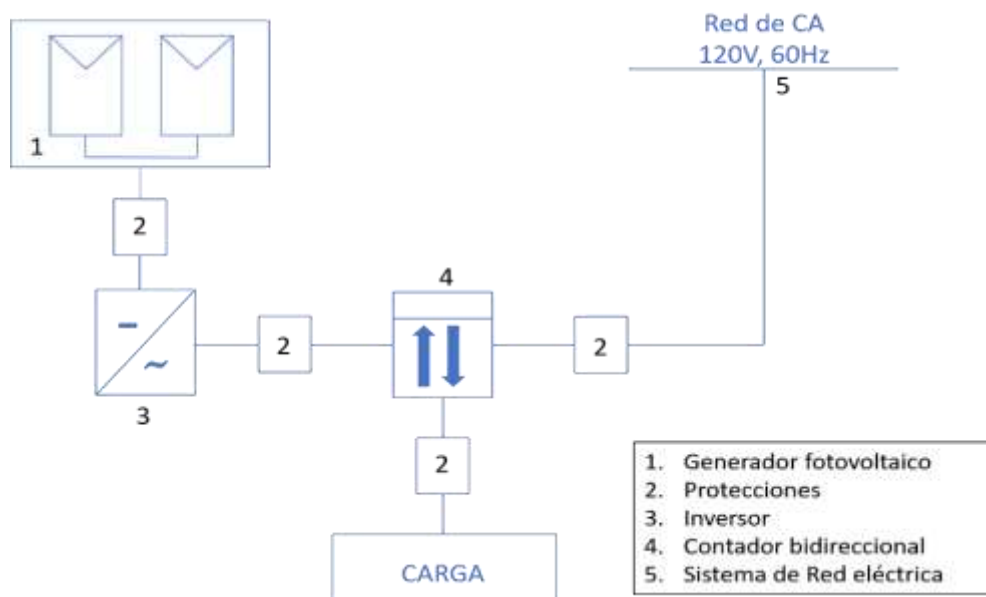


Fig. 8. Diagrama Unifilar de un sistema solar fotovoltaico conectado a la red (On-grid)

Fuente: Autora

#### 2.4.2.2 Sistema solar fotovoltaico aislado (off-grid).

Un sistema solar fotovoltaico Aislado se caracteriza por ser un sistema independiente de la red de distribución, son usadas mayormente en zonas rurales debido a la escasez de un sistema de red de distribución eléctrica en el lugar, la energía eléctrica generada por el sistema solar fotovoltaico puede ser consumida al instante que ha sido generada o puede ser almacenada. (Salas Reyes, Gómez Blanco, Vanegas Chamorro, Valencia Ochoa, & Villicaña Ortíz, 2018)

Al contar con un solo sistema de generación eléctrica es necesario almacenarla en un banco de baterías para posteriormente ser utilizada en horarios de menor radiación solar o como también podrá ser utilizada en la noche debido a que en este horario los módulos fotovoltaicos no generan energía eléctrica.

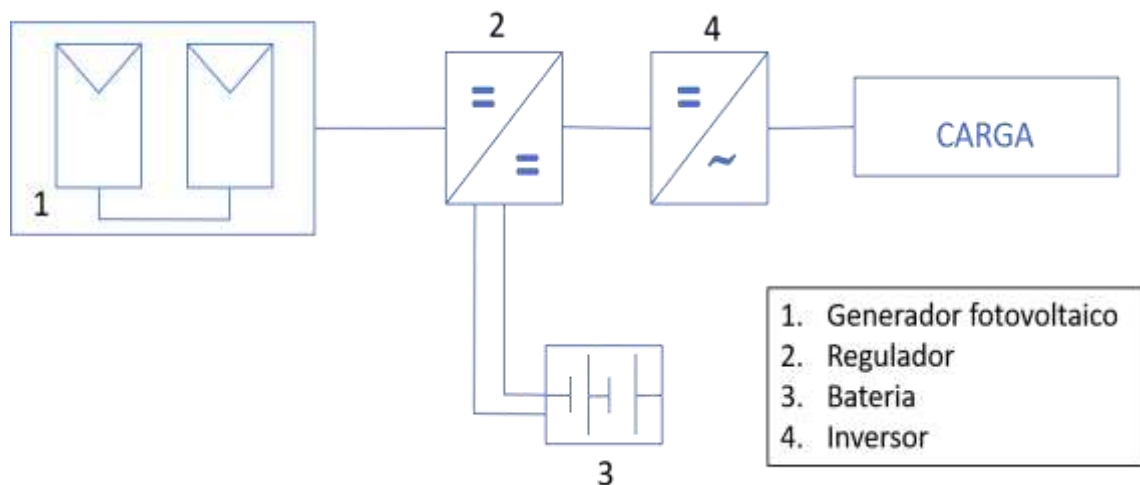


Fig. 9. Diagrama Unifilar de un sistema solar fotovoltaico aislado (Off-grid)

Fuente: Autora

En la actualidad el uso de un sistema fotovoltaico es muy eficiente, dado a que durante años han venido mejorando su tecnología brindando de esta manera una tecnología más segura y confiable, logrando ser opción de gran utilidad para la dotación de servicio eléctrico a millones de familias que viven en zonas rurales, sin embargo, el costo de inversión inicial es elevado lo que provoca un problema económico para diversas familias que no cuentan con tales montos de dinero para la adquisición de los diferentes equipos que conforman el sistema fotovoltaico aislado, imposibilitándolos de gozar del servicio eléctrico en sus hogares.

## 2.5 Elementos de un sistema solar fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos usados para captar la energía solar disponible y transformarla en energía eléctrica. Los

componentes de un sistema fotovoltaico dependen del tipo de aplicación que se considere ya sea autónomos o conectados a red y de las características de la instalación.

### **2.5.1 Módulos fotovoltaicos.**

Los módulos fotovoltaicos son encargados de generar energía eléctrica en Corriente Continua C.C. mediante la captación de la radiación solar, son diseñadas para valores de tensión entre 6V,12V, y 24V.

Están constituidas por células solares las cuales actúan como un diodo semiconductor PN, la parte expuesta a la radiación solar vendría a ser la parte N y la parte P estará situada en la parte oscura del módulo fotovoltaico.

Cuando la luz solar incide sobre los semiconductores la energía suministrada ayuda a dar movilidad a los electrones presentes en el material, provocando de esta manera que aumente la capacidad de producción de electricidad, es por ello que los módulos fotovoltaicos se fabrican a partir de este tipo de material, dado a que actúan como aislantes a baja temperatura y como conductores cuando se aumenta la temperatura.

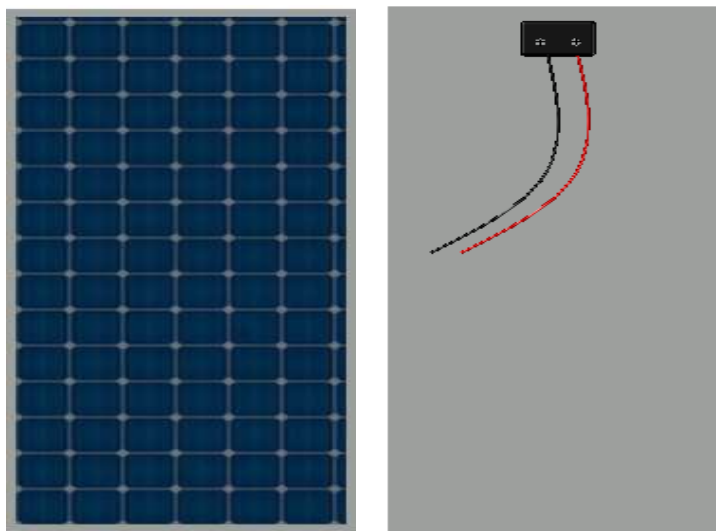


Fig. 10. Parte frontal y posterior de un módulo fotovoltaico

Fuente: Autora

#### **2.5.1.1 Partes de un módulo fotovoltaico.**

Los módulos fotovoltaicos están conformados por diferentes elementos los mismos que les brindan protección y rigidez ante agentes externos que podrían dañarlo o disminuir su vida útil.

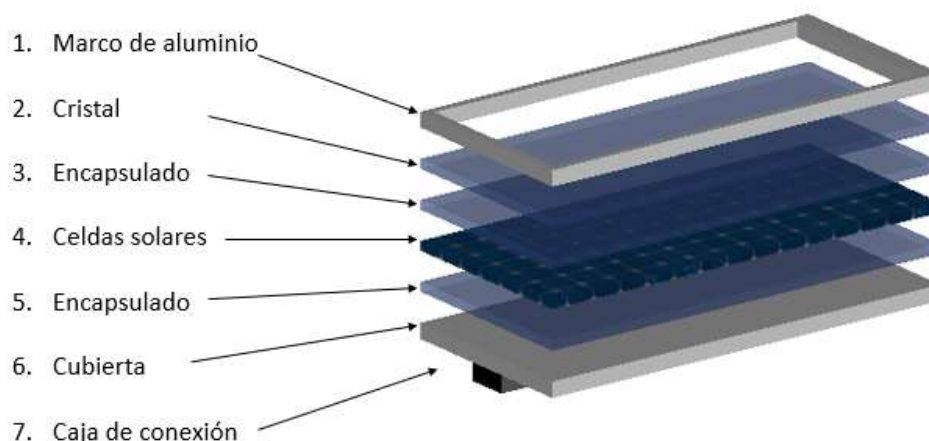


Fig. 11. Partes de un módulo fotovoltaico

Fuente: Autora

- **Marco de aluminio**

Es el encargado de proteger las celdas solares ante posibles daños y golpes, son rígidos y soportan los diferentes elementos que conforman el módulo fotovoltaico.

- **Cristal**

Está cubierta es importante debido a que reduce significativamente el reflejo de tal manera que permite el ingreso de mayor radiación solar hacia las células solares, es resistente ante cambios atmosféricos y proporciona la acción de autolimpieza a los módulos fotovoltaicos.

- **Encapsulado**

Encapsula a las células solares brindando protección ante la humedad, polvo y agua, además de ello protege las conexiones ante posibles vibraciones.

- **Celdas solares**

Es uno de los elementos más importantes de los módulos fotovoltaicos ya que cumplen la función de convertir la radiación solar en energía eléctrica, compuestas generalmente de materiales como silicio.

- **Cubierta**

Está compuesta por varias capas oscuras que reflejan la luz que ha pasado entre la grieta de las celdas, haciendo que vuelvan a incidir otra vez sobre éstas.

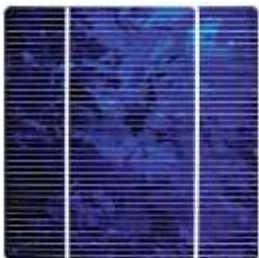
- **Caja de conexión**

La caja de conexión se encuentra en la parte posterior de los módulos fotovoltaicos en la cual existe bornes para la conexión del módulo con otros módulos, baterías, o reguladores.

### **2.5.1.2 Tipos de paneles solares.**

Los paneles solares pueden tener diferentes tamaños esto dependiendo de la potencia y del tipo de material que están fabricados los cuales varían de acuerdo a su eficiencia, costo y vida útil.

Tabla 1. Tipos de Paneles Solares

| <b>Tipo de celda</b>   | <b>Célula</b>                                                                       | <b>Características</b>                                                                                                                                                                          | <b>Rendimiento</b> |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Silicio monocristalino |    | Este tipo de celdas son las más eficientes debido a su capacidad para absorber la radiación solar en bajas temperaturas ya que está constituida por un solo cristal de silicio.                 | 15 % - 18%         |
| Silicio policristalino |  | Los módulos fotovoltaicos fabricados con este material son más baratos y menos eficientes que los de silicio monocristalino dado a que están constituidos por restos de silicio monocristalino. | 12% - 14%          |
| Silicio amorfo         |  | Son poco eficientes debido a que están constituidas por una lámina delgada de silicio comúnmente usadas en calculadoras, relojes, etc.                                                          | <10%               |

Fuente: Autora

### **2.5.1.3 Conexión de los módulos fotovoltaicos.**

Un generador fotovoltaico es un conjunto de módulos conectados eléctricamente ya sea en serie o paralelo, con el fin de incrementar la potencia de salida de los módulos fotovoltaicos, esto dependiendo de la tensión y corriente que sea requerida por la instalación. A la hora de realizar las diferentes conexiones se deberá tomar en cuenta que los módulos fotovoltaicos tengan las mismas características y de ser posible del mismo fabricante para evitar fallos en el sistema.

- **Conexión en paralelo**

Este tipo de conexión nos da como resultado la suma de las corrientes generadas por cada uno de los módulos fotovoltaicos manteniendo el mismo valor de voltaje de los módulos, esta configuración se da generalmente cuando la tensión de las baterías y del regulador son las mismas que la del módulo fotovoltaico. Se procede a conectar los polos positivos entre sí y los polos negativos por separado, para este tipo de conexión se recomienda el uso un regulador PWM.

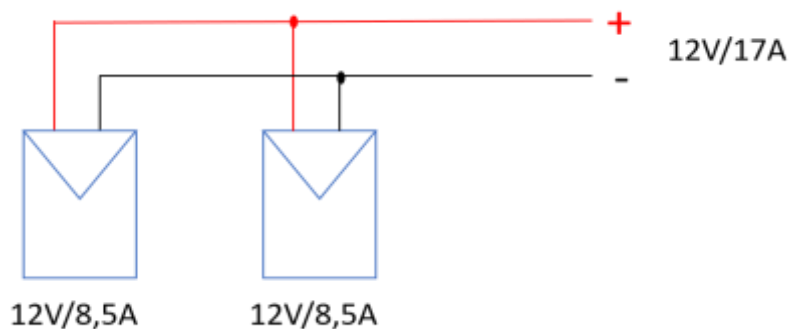


Fig. 12. Conexión en Paralelo

Fuente: Autora

- **Conexión en serie**

Este tipo de conexión permite aumentar la tensión del sistema manteniendo el mismo valor de la corriente generada, para ello se deberá conectar el polo positivo de un módulo con el polo negativo del siguiente así sucesivamente, para esta configuración se recomienda el uso un regulador MPPT debido a que este equipo permite el ingreso de tensiones elevadas, y de no ser posible el uso de este tipo de reguladores se usará el regulador PWM solo en módulos fotovoltaicos de 36 o 72 células para tensiones de 12V, 24V o 48V.

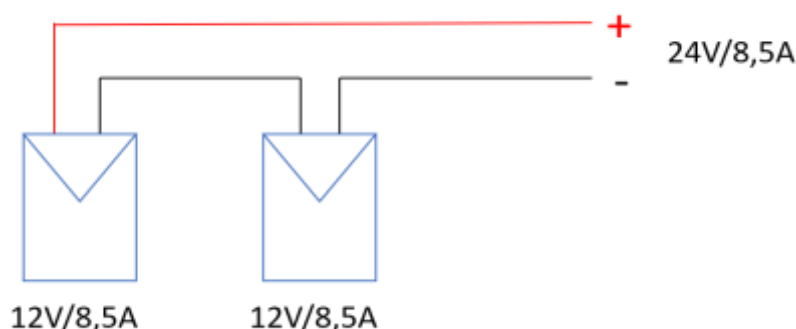


Fig. 13. Conexión en serie

Fuente: Autora

- **Conexión mixta**

Este tipo de configuración se realiza siempre y cuando se desee obtener una corriente y una tensión mayor, se dice que una conexión es mixta dado a que se encuentran enlazadas las configuraciones anteriores en un solo sistema.

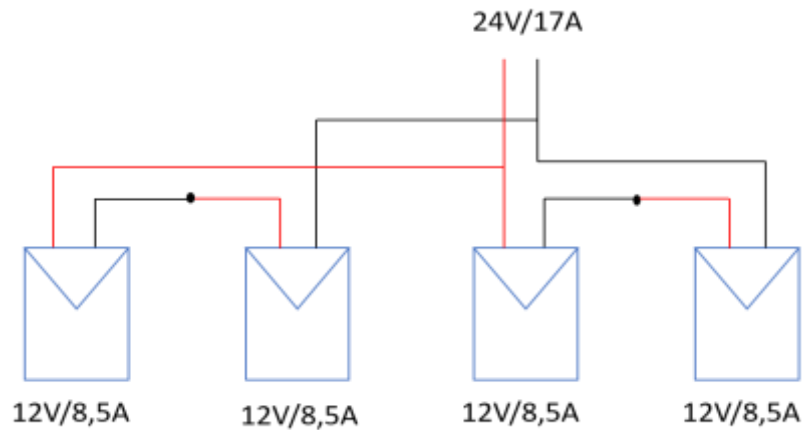


Fig. 14. Conexión mixta

Fuente: Autora

### 2.5.2 Reguladores.

Para garantizar el correcto funcionamiento del sistema fotovoltaico es necesario instalar un regulador de carga, el mismo que es encargado de controlar el flujo de energía que circula por los módulos fotovoltaicos y las baterías. El regulador de carga ayuda a optimizar la vida útil de las baterías debido a que controla constantemente el estado de carga de las baterías, evitando de esta manera una sobrecarga o descarga excesiva de las mismas.

El regulador de carga al verificar que las baterías están cargadas al 100 por ciento, suspende el suministro de energía hacia las baterías evitando de esta manera el proceso de gasificación y el aumento de la temperatura de las baterías, por otra parte, cuando el voltaje del acumulador desciende, el regulador conecta automáticamente la carga para el ingreso de corriente hacia los acumuladores.



Fig. 15. Regulador

Fuente: Autora

Los reguladores de carga constan con bornes para la conexión de los paneles solares, el sistema de acumulación y de existir un excedente de energía se puede hacer uso del borne faltante para la alimentación de equipos a corriente continua.



Fig. 16. Tipos de reguladores

Fuente: Autora

### 2.5.3 Baterías.

Las baterías son encargadas del almacenar la energía eléctrica generada por los módulos fotovoltaicos, generalmente se requiere un banco de baterías en sistemas fotovoltaicos aislados para poder satisfacer la demanda energética de la instalación en horarios de menor afluencia de radiación solar, el proceso de carga y descarga se realiza mediante un proceso electroquímico reversible.

Existe la posibilidad de utilizar una sola batería o un conjunto de baterías en el sistema de acumulación de carga, para ello será necesario realizar los cálculos adecuados para determinar el número de baterías necesario para alimentar la instalación, las baterías más usadas en este tipo de sistemas son la de descarga profunda debido a que soportan por más tiempo el consumo durante varios días.



Fig. 17. Batería

Fuente: Autora

Las funciones principales de las baterías son:

- Almacenar la energía eléctrica durante un número determinado de días.
- Facilitar una potencia instantánea.
- Asegurar la tensión de trabajo de la instalación.

A la hora de elegir una batería es importante tomar en cuenta la capacidad de la misma, es decir la cantidad de electricidad que puede lograrse en una descarga completa de la batería, debido a que la fiabilidad de un sistema fotovoltaico aislado depende en gran parte del funcionamiento del banco de baterías, es por ello que el principal parámetro a tomar en cuenta es la capacidad debido a que está influenciada con la temperatura de las baterías, es decir si la temperatura disminuye la capacidad disminuye, pero si la temperatura aumenta provoca que la vida útil de las baterías se reduzca.

Tabla 2. Relación de la vida útil de las baterías en relación con la temperatura a la que son expuestas

| Temperatura del electrolito<br>(°C) | Reducción de la vida útil<br>(%) |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| 25                                  | 0                                |
| 30                                  | 30                               |
| 35                                  | 50                               |
| 40                                  | 65                               |
| 45                                  | 77                               |
| 50                                  | 87                               |
| 55                                  | 95                               |

Fuente: (Noriega Angarita, y otros, 2019)

Además de la capacidad se deben considerar otros parámetros de las baterías a usar:

- **Eficiencia de carga**

Es la relación entre energía empleada para cargar las baterías y la energía almacenada, la eficiencia de carga de las baterías suele estar entre el 55 y el 80%.

- **Autodescarga**

La autodescarga de las baterías se da, cuando las baterías no están en uso, la misma que se expresa en porcentajes un periodo de tiempo.

- **Profundidad de descarga**

Es la cantidad de energía extraída de las baterías expresada en tanto por ciento respecto a la carga máxima, las mismas que pueden ser de descarga superficial que representa el 20% de la carga máxima y de descarga profunda que representa el 60 - 80% de la carga máxima, entre menor sea la profundidad de descarga mayor será la vida útil de la batería.

#### ***2.5.3.1 Tipos de batería.***

- **Baterías de plomo acido**

Estas baterías están conformadas por diversas aleaciones de plomo en un electrolito líquido de ácido sulfúrico, sus placas son de aleaciones de plomo con otras materias las mismas que dependen de la profundidad de descarga de la batería.

Son las más usadas en los sistemas fotovoltaicos debido su rendimiento y por ser económicos, además de ello este tipo de baterías se las puede colocar en cualquier posición ya que se encuentran selladas completamente sin correr el riesgo de que se riegue el electrolito o haya fugas de gas.

- **Baterías AGM**

Este tipo de baterías son conocidas más como baterías secas, ya que su electrolito no se encuentra en estado líquido, el mismo que se sitúa al interior de las mallas absorbentes de fibra de vidrio, estas mallas son resistentes lo cual brinda un soporte a las placas de las baterías y de la misma forma dan a la batería una mayor confiabilidad ya que son resistentes a choques de vibración.

Las baterías AGM tiene incorporado una válvula la cual tiene la función de renovar automáticamente la energía sin tener que recargarla, es decir este tipo de baterías se pueden cargar y descargar sin que afecte a su rendimiento, el uso de este tipo de baterías es recomendable ya que su vida útil es superior a las demás baterías, su auto descarga es menor, son más resistentes, no necesitan mantenimiento y se pueden instalar en cualquier posición.

- **Baterías de Gel**

En este tipo de baterías el electrolito lo podemos encontrar en forma de gel la misma que reduce la pérdida de agua por evaporización, en las placas de la batería se utiliza una aleación de plomo y calcio el cual ayuda a la reducción de la autodescarga de la batería, no poseen una gran capacidad (Ah), pero si un gran número de ciclos de carga y descarga.

Este tipo de baterías son recomendadas para sistemas fotovoltaicos aislados debido a su durabilidad, a que son amigables con el medio ambiente y a que son fáciles de reciclar.

- **Baterías de litio**

Estas baterías permiten una descarga completa sin que afecte su vida útil, cuentan con una capacidad de carga eficiente, no requieren mantenimiento, su vida útil puede llegar a ser hasta de 20 años.

#### **2.5.4 Inversor.**

El inversor es el encargado de convertir la corriente continua (C.C) generada por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna (C.A), con unas características establecidas por la red 120V de valor eficaz de tensión y una frecuencia de 60 Hz.

La corriente que ingrese por el inversor será en forma continua para posteriormente obtener en la salida del inversor una corriente de forma sinusoidal, se usa un inversor de CC/CA en un sistema fotovoltaico para poder alimentar los diferentes equipos eléctricos de la instalación los mismos que funcionan a corriente alterna, además de ello los inversores están protegidos ante cortocircuitos y sobrecargas esto debido a las variaciones de potencia de los módulos fotovoltaicos.

Las principales características de los inversores son la tensión de entrada, la potencia máxima y su eficiencia o rendimiento, la eficiencia de un inversor varía de acuerdo a la potencia consumida por la carga.



Fig. 18. Inversor CC/CA

Fuente: Autora

#### **2.5.4.1 Características técnicas de los inversores.**

Tabla 3. Características técnicas

|                           |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Temperatura               | Es una de las características más importantes a la hora de elegir un inversor, esto debido a que a mayor paso de corriente mayor temperatura suministrada, todos los inversores son capaces de suministrar la potencia nominal a una temperatura de 25 °C. |
| Tensión de funcionamiento | La tensión de funcionamiento de los inversores puede ser de 12V, 24V y 48V.                                                                                                                                                                                |
| Potencia de salida        | La potencia de salida de los inversores variará de acuerdo a la demanda de la instalación la misma que se expresa en Vatios (W) o en Voltio Amperios (VA).                                                                                                 |
| Pico de potencia máxima   | Los inversores son capaces de suministrar el doble de la potencia nominal en pocos segundos.                                                                                                                                                               |

Fuente: Autora

#### **2.5.4.2 Tipos de inversores.**

##### **2.5.4.2.1 Con conexión a red.**

- **Inversores tipo cadena**

Este tipo de inversores son más conocidos como centralizados ya que son usados en pequeñas instalaciones.

- **Microinversores**

Estos microinversores son inversores distribuidos ya que cada módulo fotovoltaico del sistema tiene un pequeño inversor, son generalmente usados para módulos fotovoltaicos con diferentes orientaciones esto para maximizar la producción de energía.

- **Optimizadores de Potencia**

Son la combinación entre los inversores de cadena y los microinversores, los mismos que permiten evitar la pérdida de rendimiento, buscando el punto máximo de potencia del conjunto de módulos fotovoltaicos.

##### **2.5.4.2.2 Sistemas aislados.**

- **Aislada**

Este tipo de inversores tienen la función de convertir la corriente continua de las baterías en corriente alterna.

- **Inversor – Cargador**

Este tipo de inversores llevan en su interior una batería la misma que se activa cuando la tensión de las baterías es muy baja, de tal manera se podrá proporcionar la energía necesaria a la vivienda.

- **Inversores híbridos**

Este tipo de inversores son capaces de gestionar toda la energía del sistema, están conformadas por los 3 equipos necesarios para el sistema como son el inversor, el regulador de carga y cargador de baterías siendo así versátiles para las instalaciones fotovoltaicas.

## 2.6 Eficiencia energética

En los últimos años el crecimiento de las demandas energéticas ha provocado que el medio ambiente se vea afectado negativamente por el uso excesivo de energía, es por ello que en la actualidad se está buscando nuevos métodos para cubrir estas demandas energéticas sin perjudicar al medio ambiente, es por ello que se ha planteado la eficiencia energética como una de las alternativas para lograr sistemas de energías sostenibles.

Se define como eficiencia energética al consumo responsable e inteligente de la energía, mediante el uso de nuevos equipos y tecnologías eficientes capaces de reducir el consumo energético de la vivienda sin perder el confort y la calidad de vida de las personas, de la misma forma se obteniendo un ahorro económico.

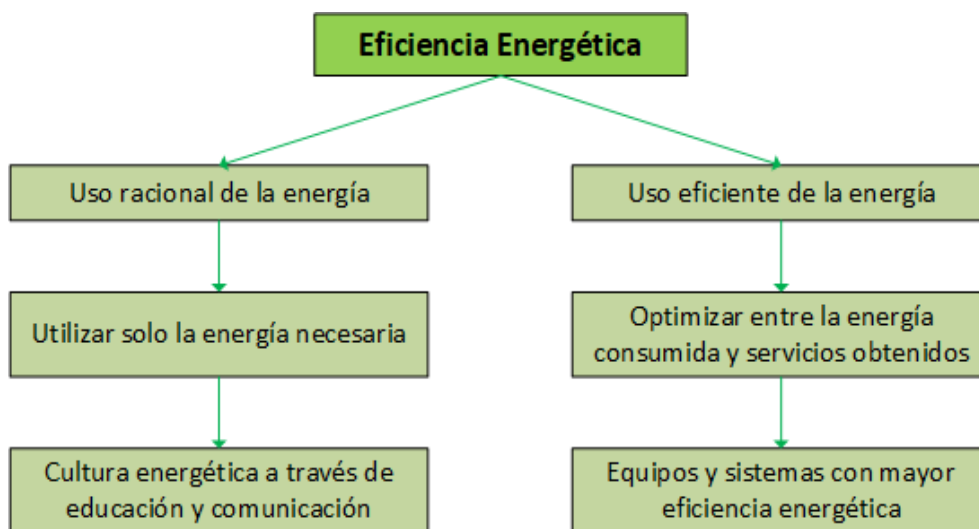


Fig. 19 Diagrama de acciones de eficiencia energética

Fuente: Autora

El uso de sistemas eficientes trae consigo la optimización de la energía a corto o largo plazo, ayudando a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, ahorro de energía y contribuye a la preservación del medio ambiente.

Otro de los factores que influye a la eficiencia energética es el uso de energías renovables debido a que reducen costos energéticos y ayudan a la mitigación del efecto invernadero, la fusión de energías renovables con el uso de equipos eficientes mejora la competitividad del sistema que se vaya a instalar.



Fig. 20. Beneficios de la eficiencia energética

Fuente: Autora

La eficiencia energética es la base principal para una eficiencia económica de la población, mediante la cual han logrado obtener un mejor bienestar sobre la base de una adecuada combinación sobre los bienes ofertados para que las personas puedan producir y consumir de manera eficiente la energía.

### 2.6.1 Beneficios de la eficiencia energética.

- Mitiga el efecto invernadero
- Seguridad energética
- Genera más ahorro
- Menor desperdicio de energía
- Genera competitividad global
- Menos contaminación
- Cumplimiento de las energías ambientales

### 2.6.2 Eficiencia energética en Ecuador.

De acuerdo a los estudios realizados por el Plan Nacional de Eficiencia Energética del Ecuador (PLANEE) se deduce que la demanda energética varía en los diferentes sectores: residencial, industrial, comercial, entre otros; los datos obtenidos son representados porcentual permitiendo identificar el consumo energético sectorial, dando la oportunidad a la aplicación del mecanismo de eficiencia energética para mitigar el crecimiento de la demanda energética sin afectar la calidad de vida de las personas. (CONELEC, 2013 - 2022)

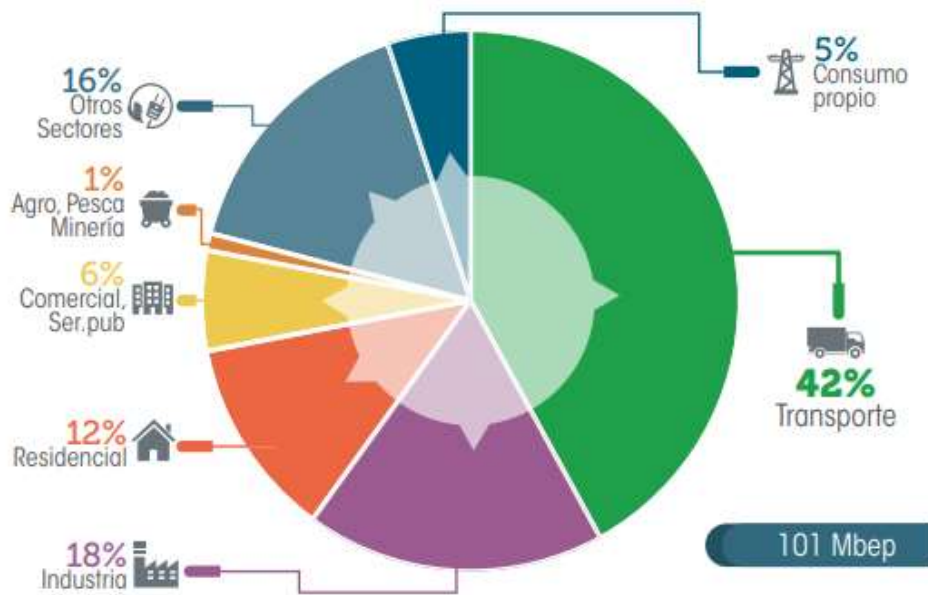


Fig. 21. Consumo energético en cada sector

Fuente: (CONELEC, 2013 - 2022)

Al pasar de los años Ecuador ha venido presentando un crecimiento económico como energético, por lo cual se ha optado por el uso de los programas de eficiencia energética para lograr un menor consumo de energía generando un mismo servicio, cabe recalcar que el programa de eficiencia energética está dirigido para los diferentes sectores, sin embargo, el sector residencial ha sido el que mayormente ha aceptado este programa debido a las diferentes estrategias existentes para lograr el objetivo de reducir el consumo energético en las viviendas. (Balderramo Vélez, Muñoz Chumo, & Pico Mera, 2018)

Entre las estrategias tomadas principalmente en el sector residencial para un ahorro energético es el proyecto RENOVA el cual se basa en la sustitución de refrigeradoras antiguas por refrigeradoras de mayor eficiencia, este proyecto también plantea el uso de cocinas de inducción debido a su eficiencia y al ser amigables con el medio ambiente.

Otra de las estrategias que se ha tomado en consideración es el remplazo de los diferentes artefactos eléctricos por artefactos de mayor eficiencia los mismos que deberán estar

certificados y tener su respectiva etiqueta de eficiencia energética y al ser el sistema de iluminación uno de los mayores consumidores energéticos seguidamente del sistema de refrigeración, se incentivado a la sociedad al cambio de los focos incandescentes por focos de tecnología led o ahorradores.

### 2.6.3 Etiqueta de eficiencia energética.

En la actualidad los diferentes artefactos eléctricos llevan adheridos una etiqueta energética la misma que permite observar e informar el consumo y eficiencia de dicho artefacto con la finalidad de que las personas puedan realizar la adquisición de los artefactos eléctricos de forma responsable.

El etiquetado ha sido estandarizado y clasifica a los artefactos en una escala de letras mayúsculas que van desde la A hasta G y en algunos casos podemos encontrar etiquetas con A+, A++, A+++, donde, las primeras letras (color verde) de la etiqueta corresponden a un artefacto de mayor eficiencia y la última letra de la escala de la etiqueta (color rojo) corresponden a los artefactos de menor eficiencia. (Chevez, 2018)

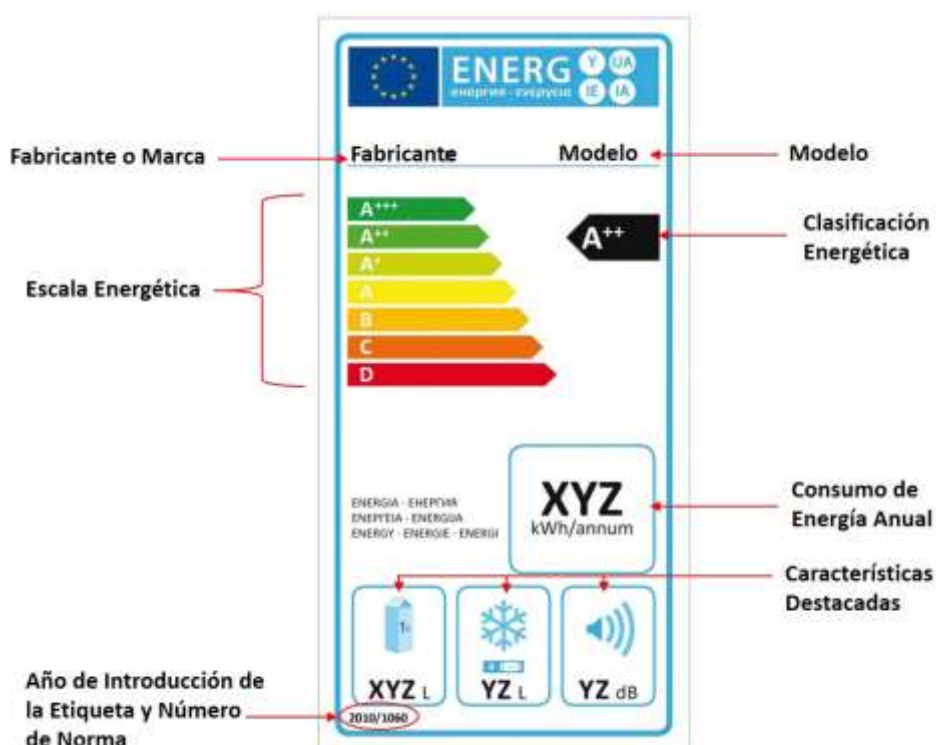


Fig. 22. Partes de una etiqueta de eficiencia energética

Fuente: (Renovable, 2017)

Para la identificación del nivel de eficiencia energética de los artefactos eléctricos a elegir, se deberá observar la parte derecha de la etiqueta en la cual se encuentra una figura en forma de flecha con una letra de la clasificación energética a la que corresponde el artefacto eléctrico. (Renovable, 2017)



Fig. 23. Escala energética

Fuente: Autora

En la Fig.23 se puede observar los rangos de consumo eléctrico de acuerdo a la letra y color de la escala energética, los mismos que se pueden tomar en consideración para calcular el ahorro o consumo energético que puede generar un artefacto eléctrico con cualquiera de estas características. Cabe recalcar que cada país cuenta con una normativa diferente para el etiquetado de los artefactos eléctricos.

## CAPITULO 3

### 3 DISEÑO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

Una vez identificado el funcionamiento de cada uno de los elementos del sistema fotovoltaico, se procede a realizar el diseño del mismo, tomando en cuenta las necesidades de la instalación.

Para realizar el diseño y dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico es necesario conocer el tipo de conexión del sistema, el lugar donde se va a realizar esta implementación, la radiación existente y la demanda energética de la instalación; posteriormente se deberá realizar una serie de cálculos con el fin de optimizar el uso y la generación de energía eléctrica.

Se puede deducir que un sistema está bien diseñado cuando se satisface las necesidades de la demanda eléctrica con el menor número de módulos fotovoltaicos y baterías, sin dejar de lado el grado de confiabilidad que debe tener el sistema. El grado de confiabilidad de un sistema solar fotovoltaico se determina mediante la relación entre el tiempo en el cual el sistema solar fotovoltaico puede satisfacer los requerimientos de la carga y el tiempo que deberá permanecer activa, la misma se expresa en forma porcentual.

#### 3.1 Ubicación

El proyecto se centra en los lugares de mayor afluencia de personas como los parques y lugares turísticos de la ciudad de Cuenca, Provincia del Azuay dado a que en estos lugares existe mayor concentración de vendedores ambulantes que usan sus kioscos, carretas, etc. para realizar la venta de sus productos o alimentos.



Fig. 24. Ubicación geográfica de la ciudad de Cuenca

Fuente: Autora

### 3.1.1 Condiciones climatológicas.

La ciudad de Cuenca posee un clima privilegiado debido a que se encuentra ubicado en un extenso valle en medio de la columna andina, teniendo un promedio de temperatura de 15°C.

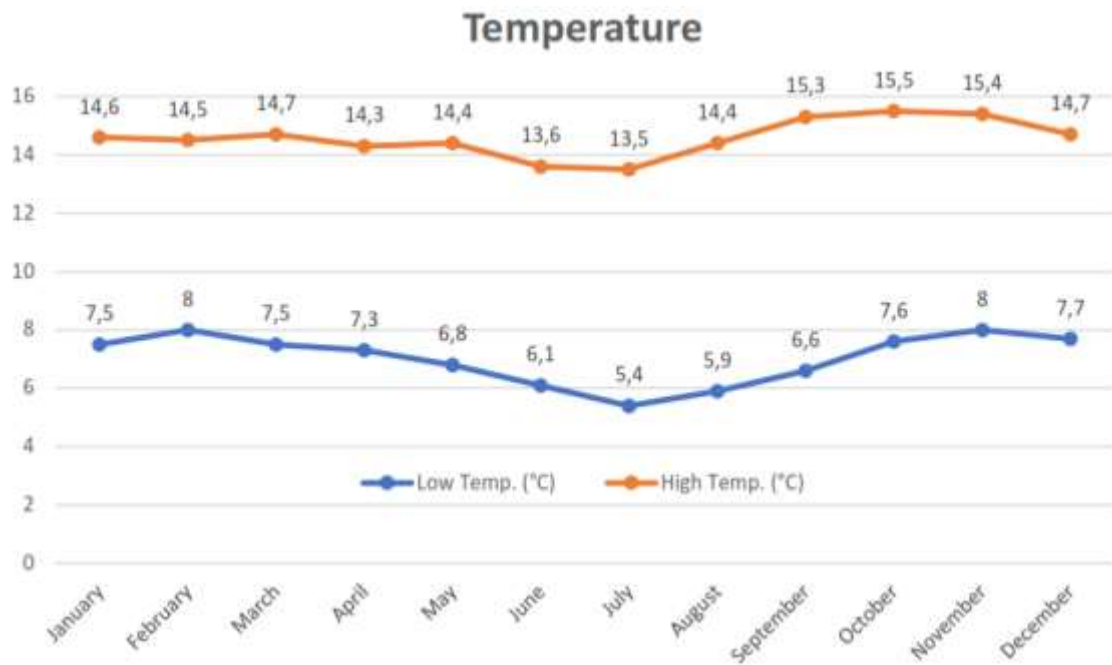


Fig. 25. Histograma de la Temperatura de la ciudad de Cuenca

Fuente: Autora

El mes de mayor temperatura es el mes de Octubre con un rango promedio de temperatura de 7.6 °C - 15.5 °C, siendo el mes de Julio el mes de menor temperatura en un promedio de 5.4 °C - 13.5 °C.

Para un correcto diseño de un sistema solar fotovoltaico, además de conocer la irradiación solar del lugar es necesario conocer también la temperatura, esto debido a que los paneles solares se encontrarán expuestos constantemente a los diferentes cambios de temperatura del lugar, de tal forma la generación de energía eléctrica se verá afectada.

### 3.1.2 Radiación solar.

Para un correcto dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico lo más recomendable es realizar estudios de campo y con ello obtener los datos de irradiación e irradiancia solar existentes en el lugar, lo cual se lo deberá realizar mediante estaciones meteorológicas por lo menos durante ocho meses esto debido a los cambios climatológicos.

En la actualidad existen diferentes softwares encargados de medir la radiación solar existente en todo el planeta, los mismos que nos permiten realizar el dimensionamiento del



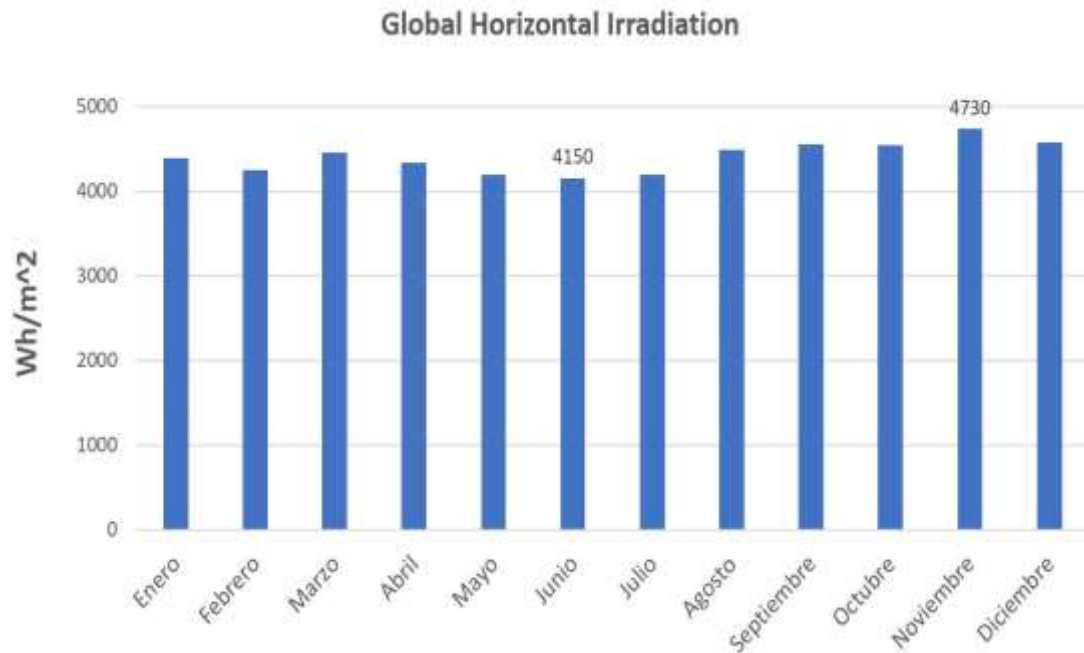


Fig. 27. Histograma de la irradiación solar del parque el Paraíso (HOMER)

Fuente: Autora

Mediante el software SolarGis se obtuvo un promedio mensual de Irradiación Global Horizontal (GHI), obteniendo menor irradiación solar en el mes de Junio en un promedio de 4350 Wh/m² y siendo el mes de Noviembre el de mayor irradiación solar en un promedio de 5680 Wh/m².

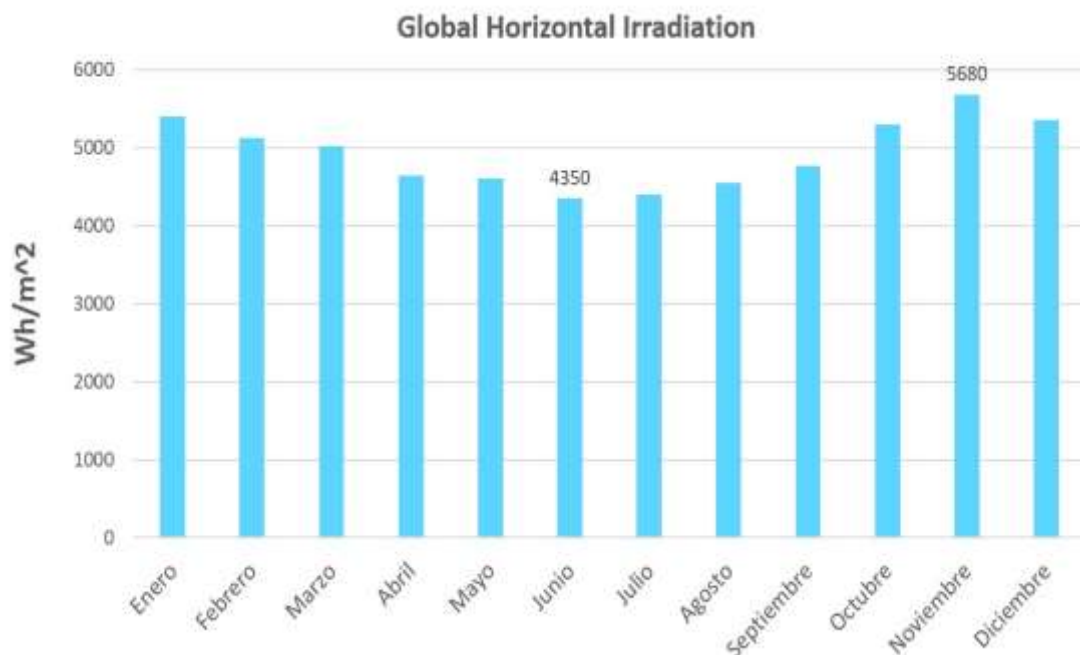


Fig. 28. Histograma de la irradiación solar del parque el Paraíso (SolarGis)

Fuente: Autora

Mediante el software Global Solar Atlas se obtuvo un promedio mensual de Irradiación Global Horizontal (GHI), obteniendo menor irradiación solar en el mes de Junio en un promedio de 4350 Wh/m<sup>2</sup> y siendo el mes de Noviembre el de mayor irradiación solar en un promedio de 5680 Wh/m<sup>2</sup>.

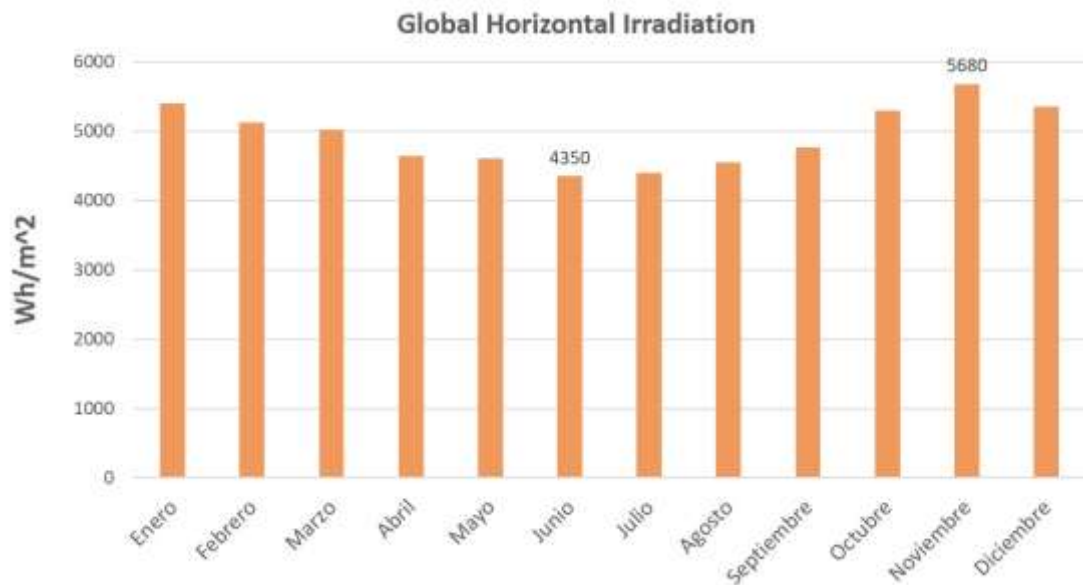


Fig. 29. Histograma de la irradiación solar del parque el Paraíso (Global Solar Atlas)

Fuente: Autora

Mediante el software PVsyst se obtuvo un promedio mensual de Irradiación Global Horizontal (GHI), obteniendo menor irradiación solar en el mes de Junio en un promedio de 4150 Wh/m<sup>2</sup> y siendo el mes de Noviembre el de mayor irradiación solar en un promedio de 4730 Wh/m<sup>2</sup>.

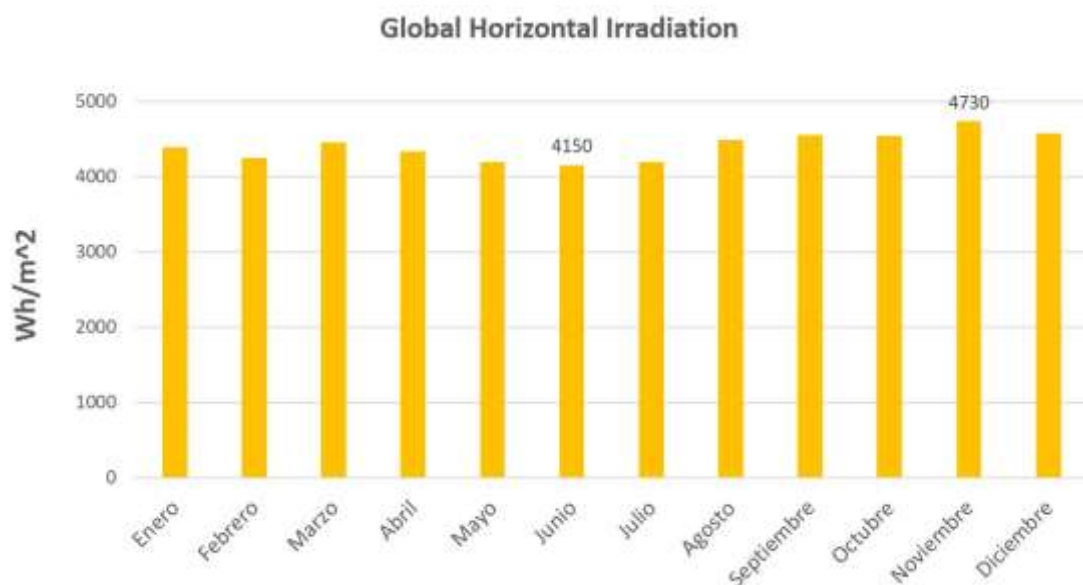


Fig. 30. Histograma de la irradiación solar del parque el Paraíso (PVsyst)

Fuente: Autor

### 3.1.2.1.2 Parque de la Madre.

Tabla 5. Datos específicos del parque de la Madre

|                         |                                   |
|-------------------------|-----------------------------------|
| Ubicación               | Parque de la Madre                |
| Coordenadas geográficas | -2.90426°, -79.0033°              |
| Zona horaria            | UTC – 05, América/Guayaquil [ECT] |
| Elevación               | 2515 m                            |
| Azimut del terreno      | Casi Plano                        |
| Pendiente del terreno   | 2°                                |

Fuente: Autor

Mediante el software HOMER (Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources) se obtuvo un promedio mensual de Irradiación Global Horizontal (GHI), obteniendo menor irradiación solar en el mes de Junio en un promedio de 4150 Wh/m<sup>2</sup> y siendo el mes de Noviembre el de mayor irradiación solar en un promedio de 4730 Wh/m<sup>2</sup>.

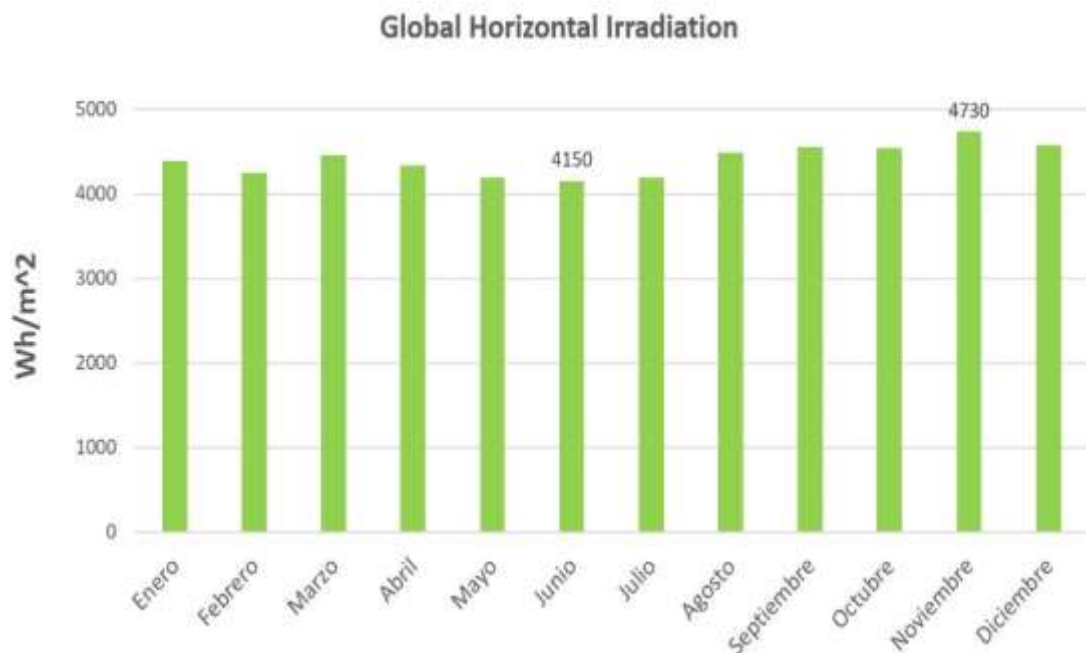


Fig. 31. Histograma de la irradiación solar del parque de la Madre (HOMER)

Fuente: Autor

Mediante el software SolarGis se obtuvo un promedio mensual de Irradiación Global Horizontal (GHI), obteniendo menor irradiación solar en el mes de Junio en un promedio de 4350 Wh/m<sup>2</sup> y siendo el mes de Noviembre el de mayor irradiación solar en un promedio de 5680 Wh/m<sup>2</sup>.

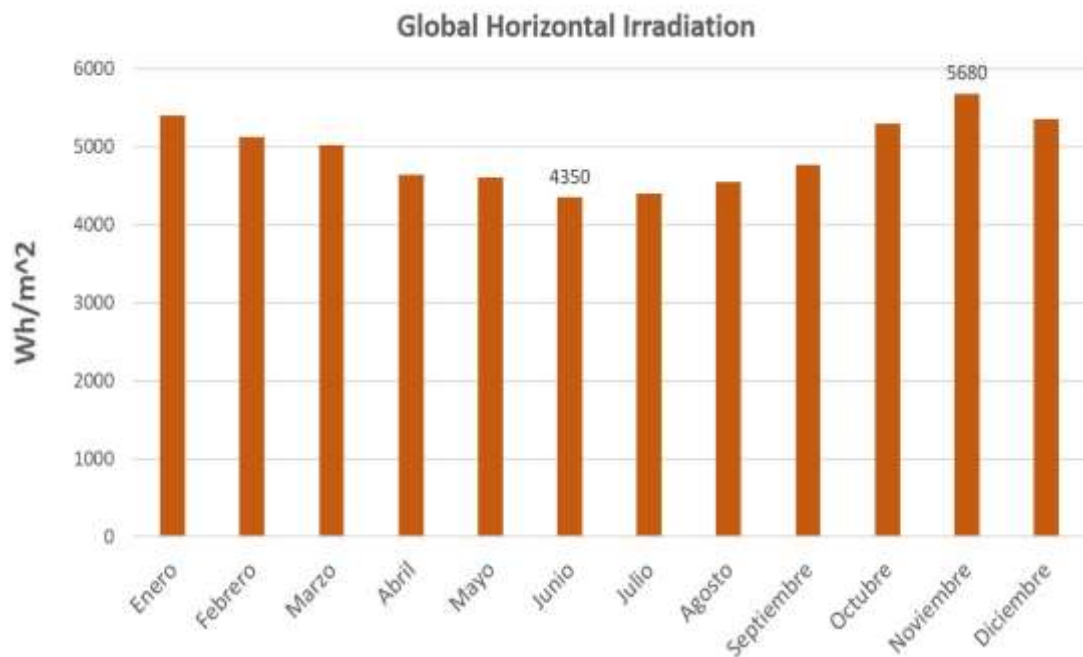


Fig. 32. Histograma de la irradiación solar del parque de la Madre (SolarGis)

*Fuente: Autor*

Mediante el software Global Solar Atlas se obtuvo un promedio mensual de Irradiación Global Horizontal (GHI), obteniendo menor irradiación solar en el mes de Junio en un promedio de 4350 Wh/m² y siendo el mes de Noviembre el de mayor irradiación solar en un promedio de 5680 Wh/m².

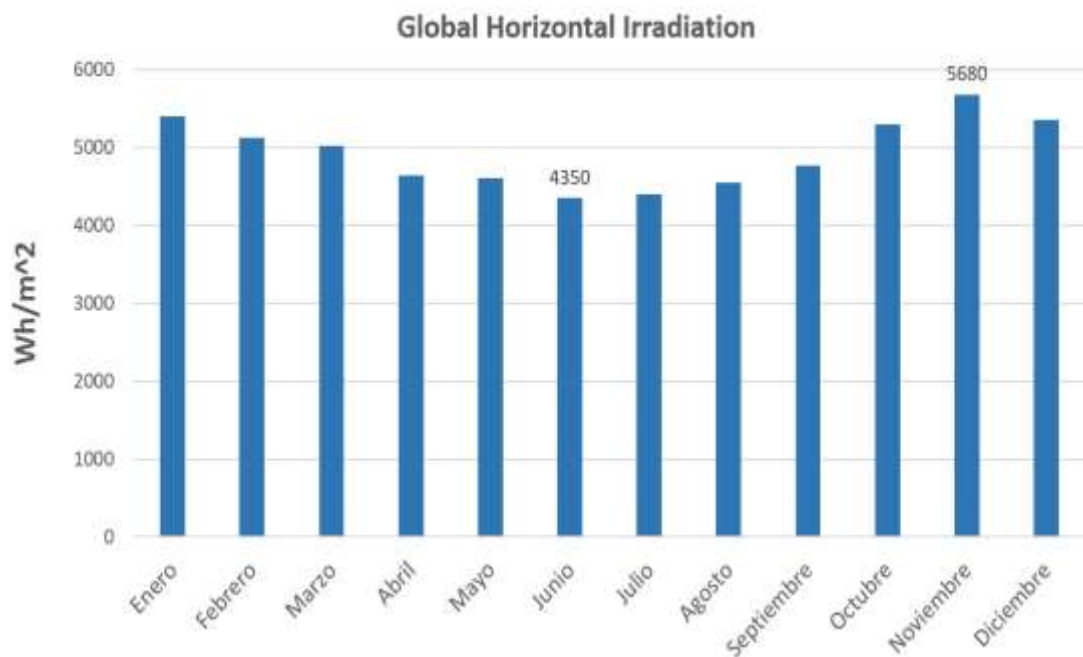


Fig. 33. Histograma de la irradiación solar del parque de la Madre (Global Solar Atlas)

*Fuente: Autor*

Mediante el software PVsyst se obtuvo un promedio mensual de Irradiación Global Horizontal (GHI), obteniendo menor irradiación solar en el mes de Junio en un promedio de 4150 Wh/m<sup>2</sup> y siendo el mes de Noviembre el de mayor irradiación solar en un promedio de 4730 Wh/m<sup>2</sup>.

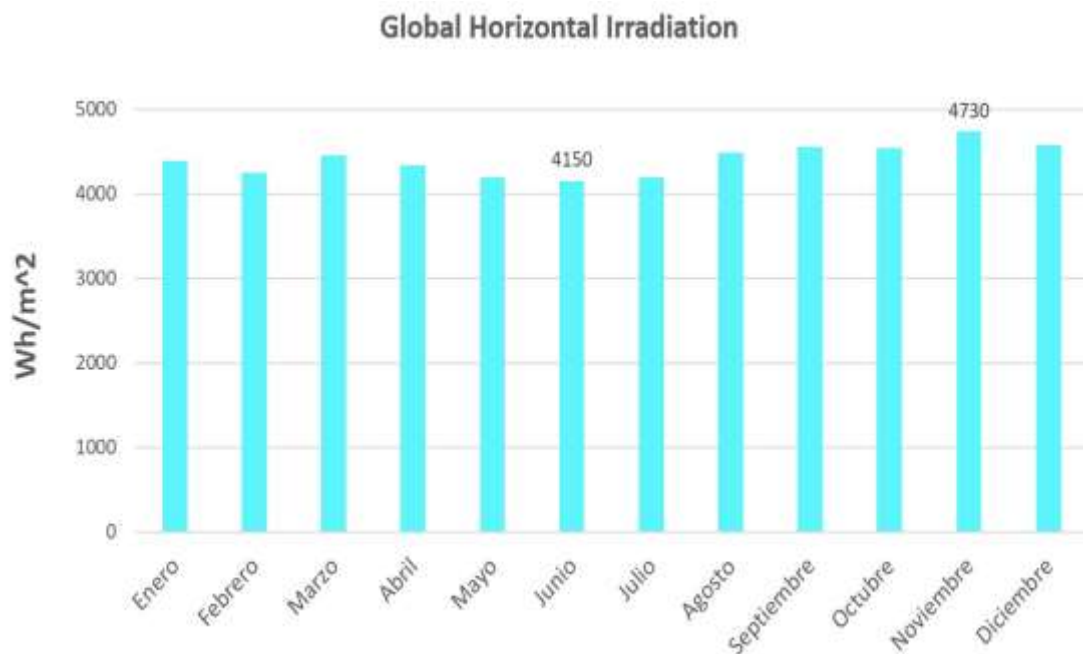


Fig. 34. Histograma de la irradiación solar del parque de la Madre (PVsyst)

Fuente: Autora

### 3.1.2.1.3 Parque Miraflores.

Tabla 6. Datos específicos del parque Miraflores

|                         |                                   |
|-------------------------|-----------------------------------|
| Ubicación               | Parque Miraflores                 |
| Coordenadas geográficas | -2.89298°, -78.9934°              |
| Zona horaria            | UTC – 05, América/Guayaquil [ECT] |
| Elevación               | 2529 m                            |
| Azimut del terreno      | Plano                             |
| Pendiente del terreno   | 1°                                |

Fuente: Autora

Mediante el software HOMER (Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources) se obtuvo un promedio mensual de Irradiación Global Horizontal (GHI), obteniendo menor irradiación solar en el mes de Junio en un promedio de 4150 Wh/m<sup>2</sup> y siendo el mes de Noviembre el de mayor irradiación solar en un promedio de 4730 Wh/m<sup>2</sup>.

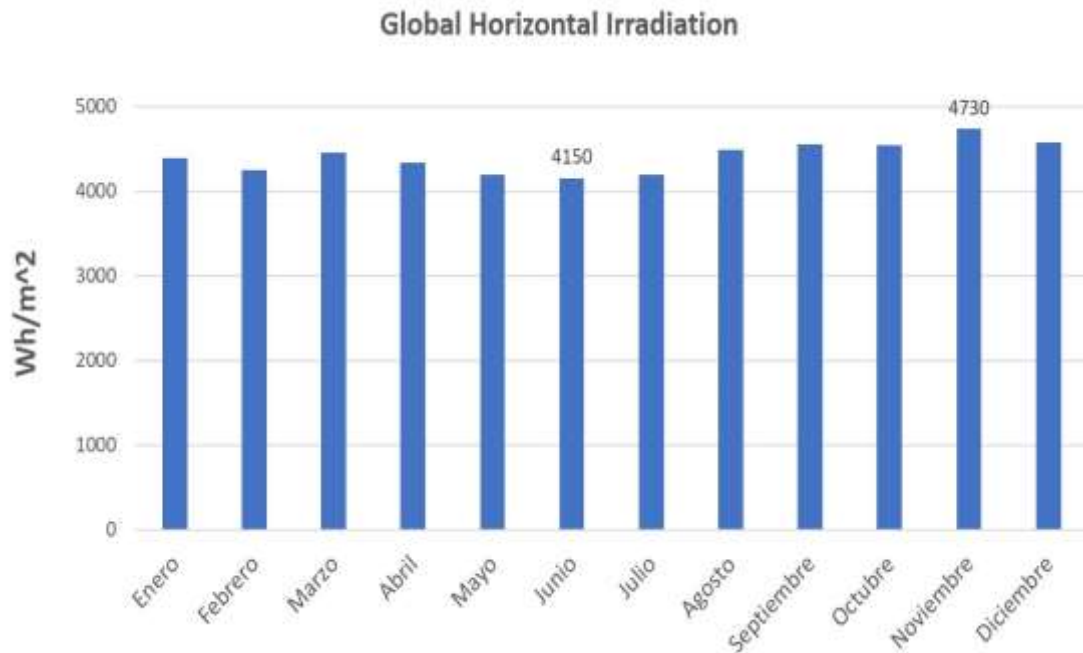


Fig. 35. Histograma de la irradiación solar del parque Miraflores (HOMER)

Fuente: Autora

Mediante el software SolarGis se obtuvo un promedio mensual de Irradiación Global Horizontal (GHI), obteniendo menor irradiación solar en el mes de Junio en un promedio de 4350 Wh/m² y siendo el mes de Noviembre el de mayor irradiación solar en un promedio de 5680 Wh/m².

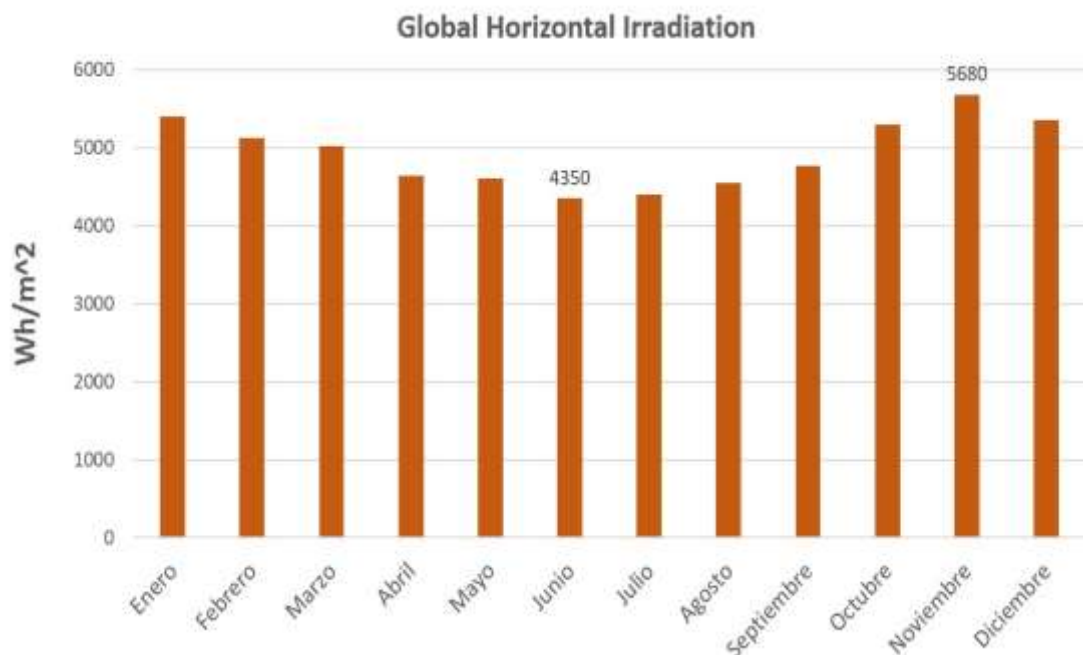


Fig. 36. Histograma de la irradiación solar del parque Miraflores (SolarGis)

Fuente: Autora

Mediante el software Global Solar Atlas se obtuvo un promedio mensual de Irradiación Global Horizontal (GHI), obteniendo menor irradiación solar en el mes de Junio en un promedio de 4350 Wh/m<sup>2</sup> y siendo el mes de Noviembre el de mayor irradiación solar en un promedio de 5680 Wh/m<sup>2</sup>.

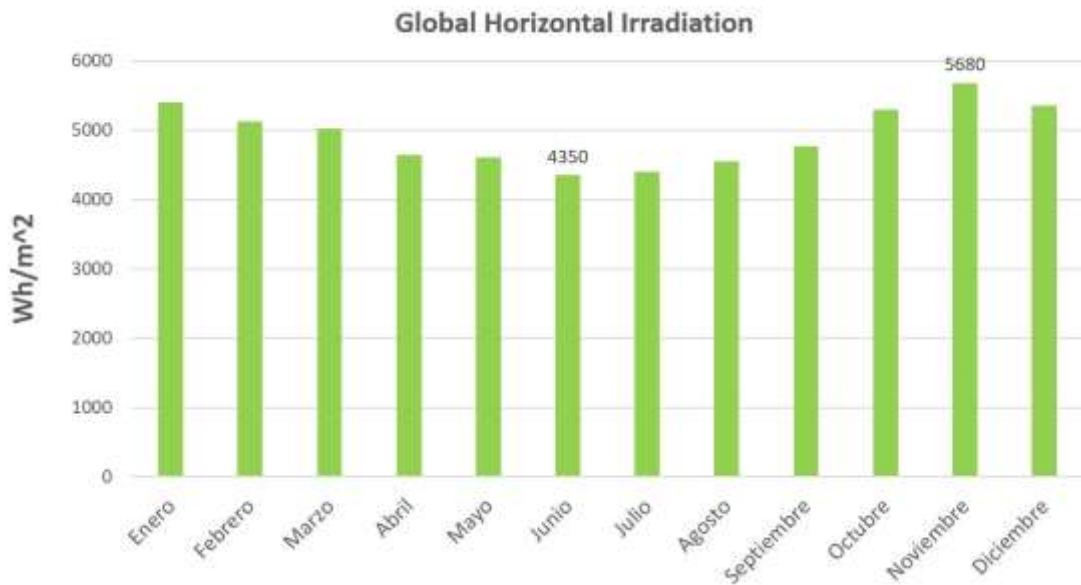


Fig. 37. Histograma de la irradiación solar del parque Miraflores (Global Solar Atlas)

Fuente: Autora

Mediante el software PVsyst se obtuvo un promedio mensual de Irradiación Global Horizontal (GHI), obteniendo menor irradiación solar en el mes de Junio en un promedio de 4150 Wh/m<sup>2</sup> y siendo el mes de Noviembre el de mayor irradiación solar en un promedio de 4730 Wh/m<sup>2</sup>.

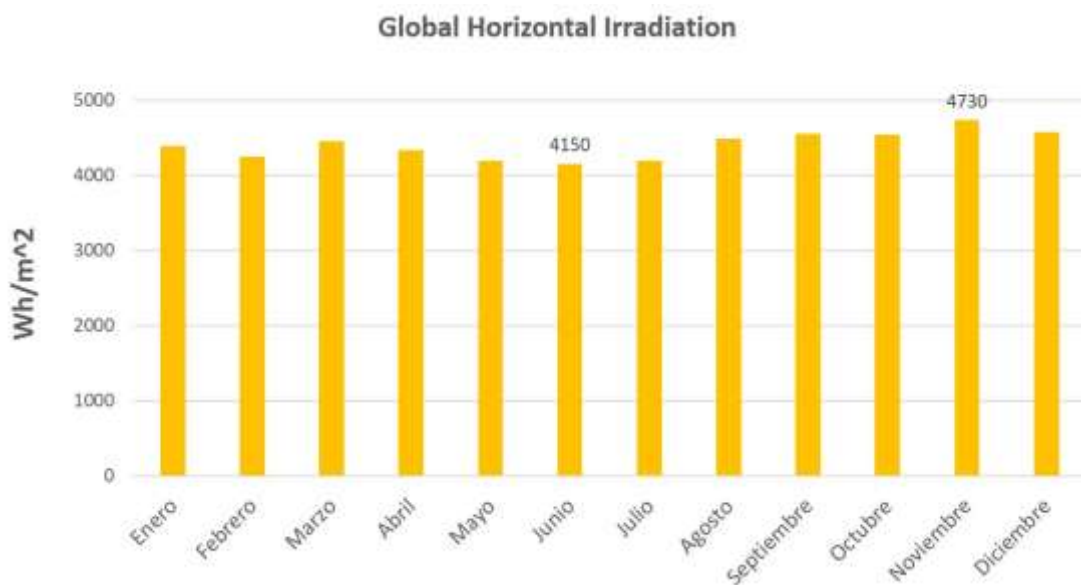


Fig. 38. Histograma de la irradiación solar del parque Miraflores (PVsyst)

Fuente: Autora

#### 3.1.2.1.4 Parque de la Luz.

Tabla 7. Datos específicos del parque de la Luz

|                         |                                   |
|-------------------------|-----------------------------------|
| Ubicación               | Parque de la Luz                  |
| Coordenadas geográficas | -2.87911°, -78.99277°             |
| Zona horaria            | UTC – 05, América/Guayaquil [ECT] |
| Elevación               | 2535 m                            |
| Azimut del terreno      | 135°                              |
| Pendiente del terreno   | 2°                                |

Fuente: Autora

Mediante el software HOMER (Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources) se obtuvo un promedio mensual de Irradiación Global Horizontal (GHI), obteniendo menor irradiación solar en el mes de Junio en un promedio de 4150 Wh/m<sup>2</sup> y siendo el mes de Noviembre el de mayor irradiación solar en un promedio de 4730 Wh/m<sup>2</sup>.

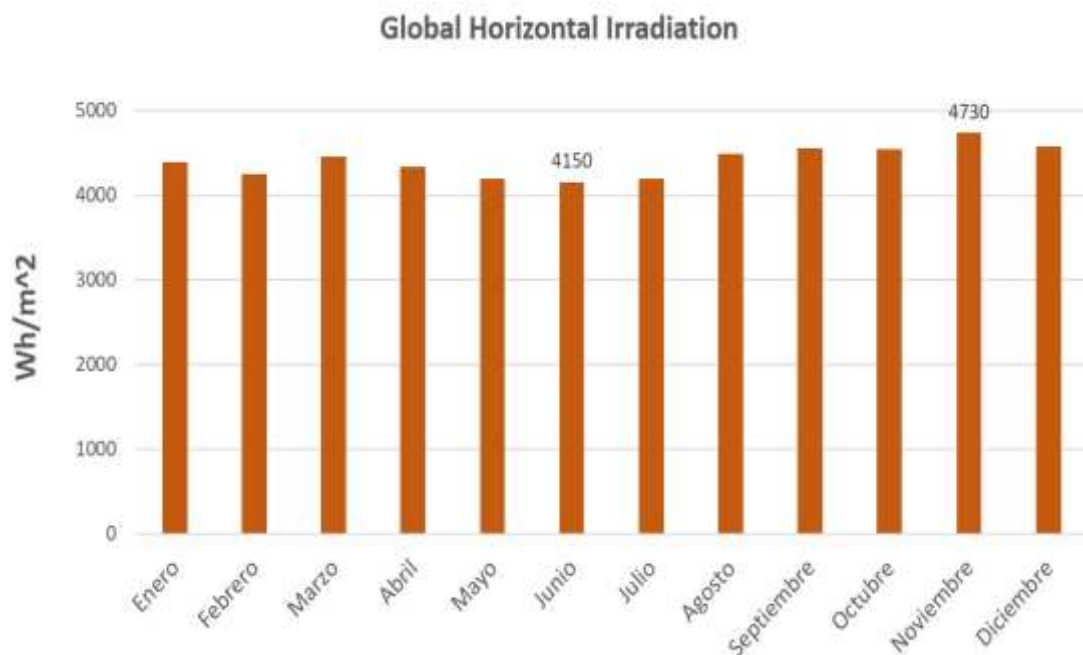


Fig. 39. Histograma de la irradiación solar del parque de la Luz (HOMER)

Fuente: Autora

Mediante el software SolarGis se obtuvo un promedio mensual de Irradiación Global Horizontal (GHI), obteniendo menor irradiación solar en el mes de Junio en un promedio de 4350 Wh/m<sup>2</sup> y siendo el mes de Noviembre el de mayor irradiación solar en un promedio de 5680 Wh/m<sup>2</sup>.

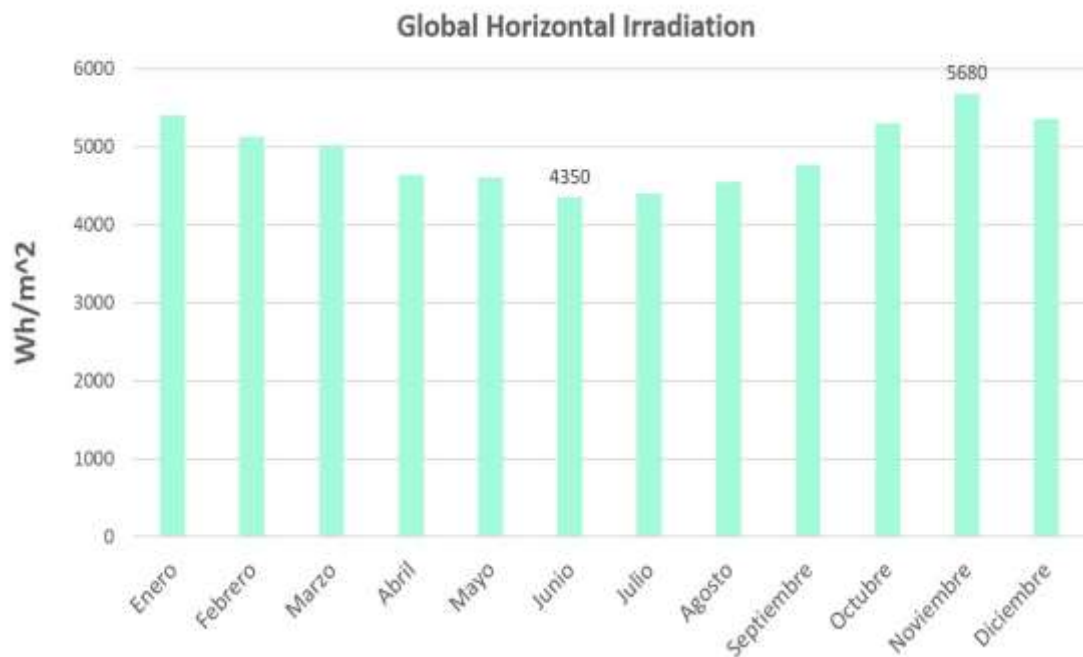


Fig. 40. Histograma de la irradiación solar del parque de la Luz (SolarGis)

Fuente: Autora

Mediante el software Global Solar Atlas se obtuvo un promedio mensual de Irradiación Global Horizontal (GHI), obteniendo menor irradiación solar en el mes de Junio en un promedio de 4350 Wh/m² y siendo el mes de Noviembre el de mayor irradiación solar en un promedio de 5680 Wh/m².

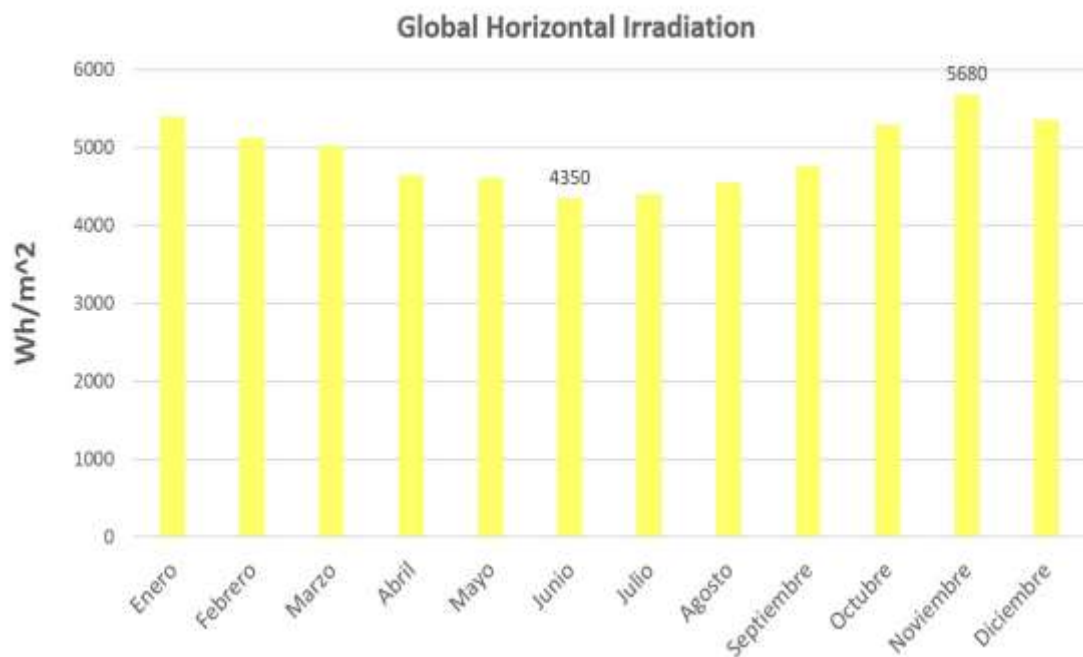


Fig. 41. Histograma de la irradiación solar del parque de la Luz (Global Solar Atlas)

Fuente: Autora

Mediante el software PVsyst se obtuvo un promedio mensual de Irradiación Global Horizontal (GHI), obteniendo menor irradiación solar en el mes de Junio en un promedio de 4150 Wh/m<sup>2</sup> y siendo el mes de Noviembre el de mayor irradiación solar en un promedio de 4730 Wh/m<sup>2</sup>.

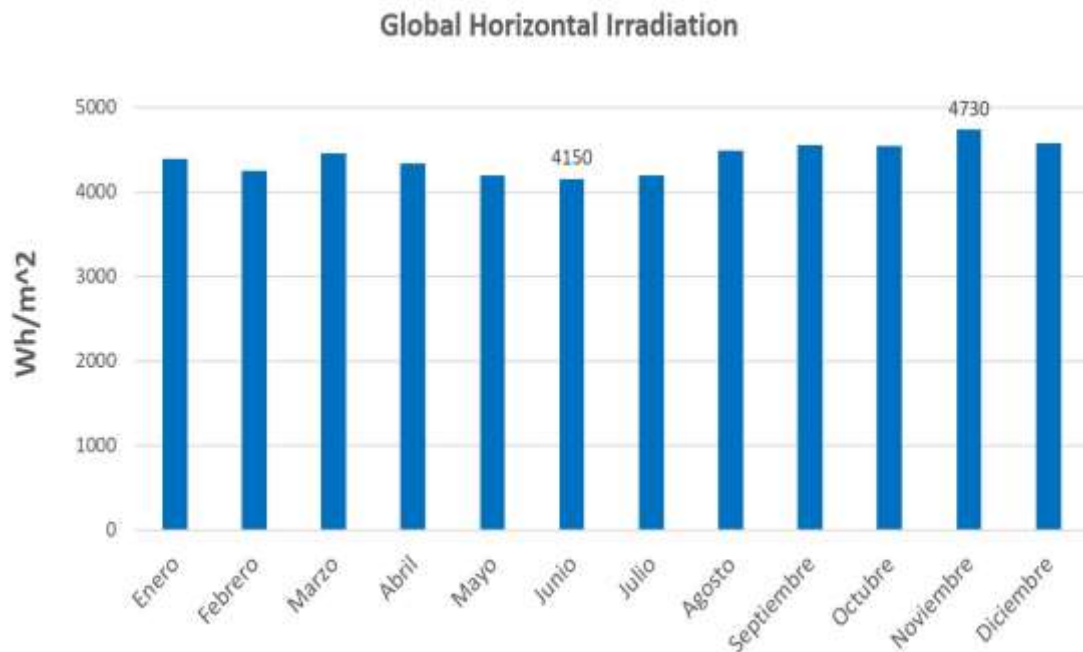


Fig. 42. Histograma de la irradiación solar del parque de la Luz (PVsyst)

Fuente: Autora

#### 3.1.2.1.5 Parque Ictocruz.

Tabla 8. Datos específicos del parque Ictocruz

|                         |                                   |
|-------------------------|-----------------------------------|
| Ubicación               | Parque Ictocruz                   |
| Coordenadas geográficas | -2.931383°, -79.001656°           |
| Zona horaria            | UTC – 05, América/Guayaquil [ECT] |
| Elevación               | 2759 m                            |
| Azimut del terreno      | 235°                              |
| Pendiente del terreno   | 7°                                |

Fuente: Autora

Mediante el software HOMER (Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources) se obtuvo un promedio mensual de Irradiación Global Horizontal (GHI), obteniendo menor irradiación solar en el mes de Junio en un promedio de 4150 Wh/m<sup>2</sup> y siendo el mes de Noviembre el de mayor irradiación solar en un promedio de 4730 Wh/m<sup>2</sup>.

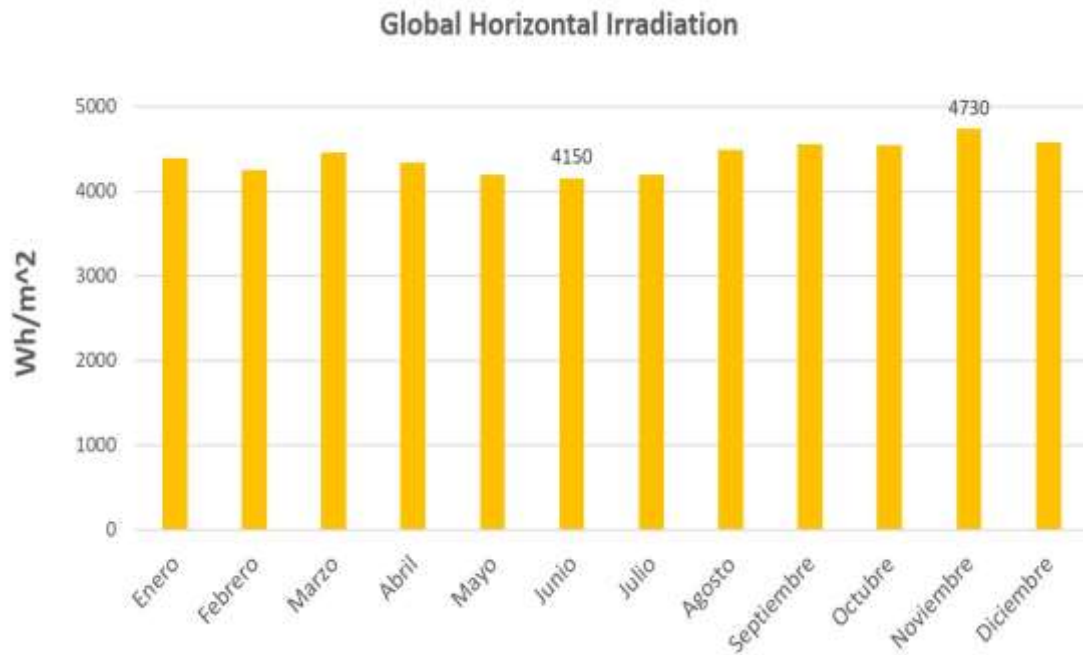


Fig. 43. Histograma de la irradiación solar del parque Ictocruz (HOMER)

*Fuente: Autora*

Mediante el software SolarGis se obtuvo un promedio mensual de Irradiación Global Horizontal (GHI), obteniendo menor irradiación solar en el mes de Junio en un promedio de 4129 Wh/m² y siendo el mes de Noviembre el de mayor irradiación solar en un promedio de 4726 Wh/m².

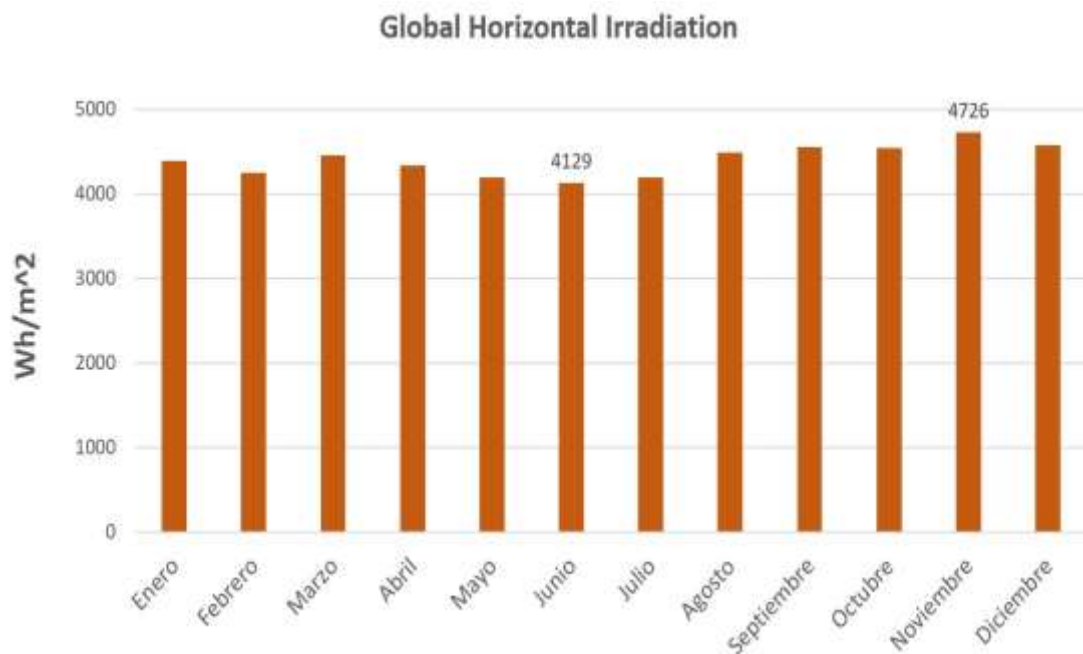


Fig. 44. Histograma de la irradiación solar del parque Ictocruz (SolarGis)

*Fuente: Autora*

Mediante el software Global Solar Atlas se obtuvo un promedio mensual de Irradiación Global Horizontal (GHI), obteniendo menor irradiación solar en el mes de Junio en un promedio de 4350 Wh/m<sup>2</sup> y siendo el mes de Noviembre el de mayor irradiación solar en un promedio de 5680 Wh/m<sup>2</sup>.

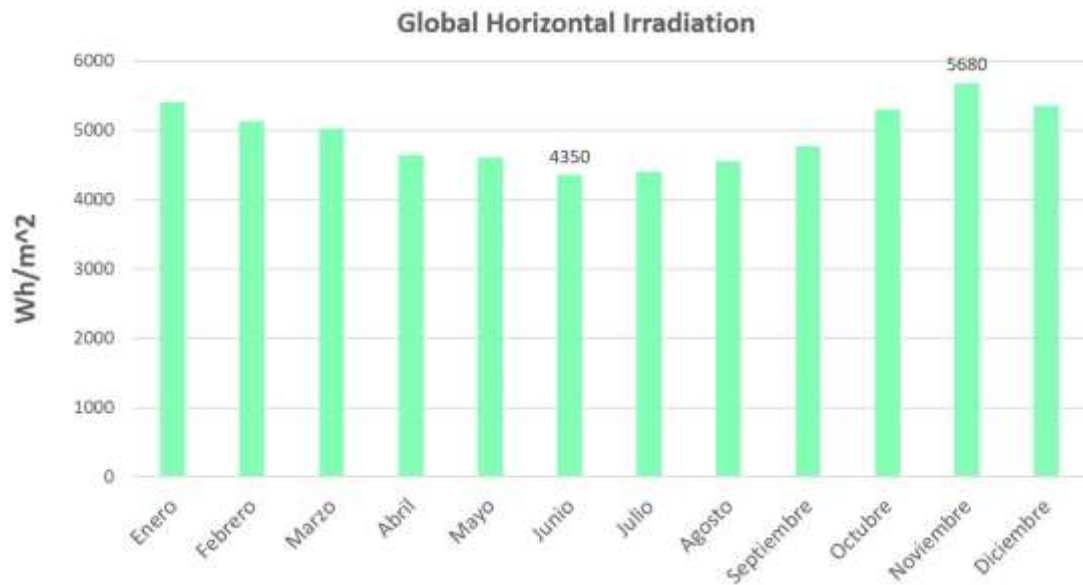


Fig. 45. Histograma de la irradiación solar del parque Ictocruz (Global Solar Atlas)

Fuente: Autora

Mediante el software PVsyst se obtuvo un promedio mensual de Irradiación Global Horizontal (GHI), obteniendo menor irradiación solar en el mes de Junio en un promedio de 4150 Wh/m<sup>2</sup> y siendo el mes de Noviembre el de mayor irradiación solar en un promedio de 4730 Wh/m<sup>2</sup>.

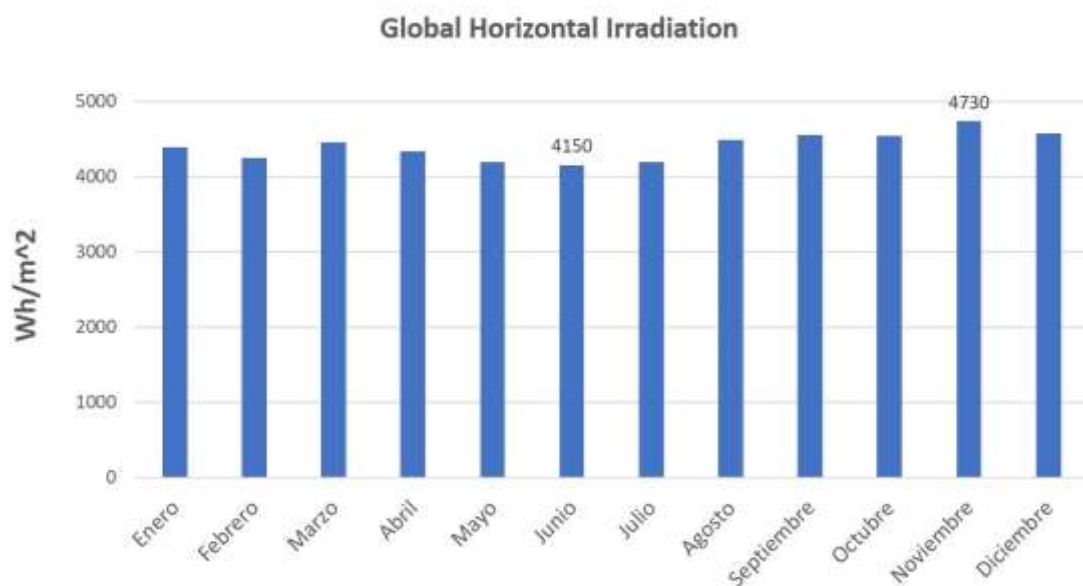


Fig. 46. Histograma de la irradiación solar del parque Ictocruz (PVsyst)

Fuente: Autora

### 3.1.2.1.6 Parque Tarqui – Guzho.

Tabla 9. Datos específicos del parque Tarqui - Guzho

|                         |                                   |
|-------------------------|-----------------------------------|
| Ubicación               | Parque Tarqui-Guzho               |
| Coordenadas geográficas | -2.915611°, -79.022598°           |
| Zona horaria            | UTC – 05, América/Guayaquil [ECT] |
| Elevación               | 2548 m                            |
| Azimut del terreno      | Casi Plano                        |
| Pendiente del terreno   | 1°                                |

Fuente: Autora

Mediante el software HOMER (Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources) se obtuvo un promedio mensual de Irradiación Global Horizontal (GHI), obteniendo menor irradiación solar en el mes de Junio en un promedio de 4150 Wh/m<sup>2</sup> y siendo el mes de Noviembre el de mayor irradiación solar en un promedio de 4730 Wh/m<sup>2</sup>.

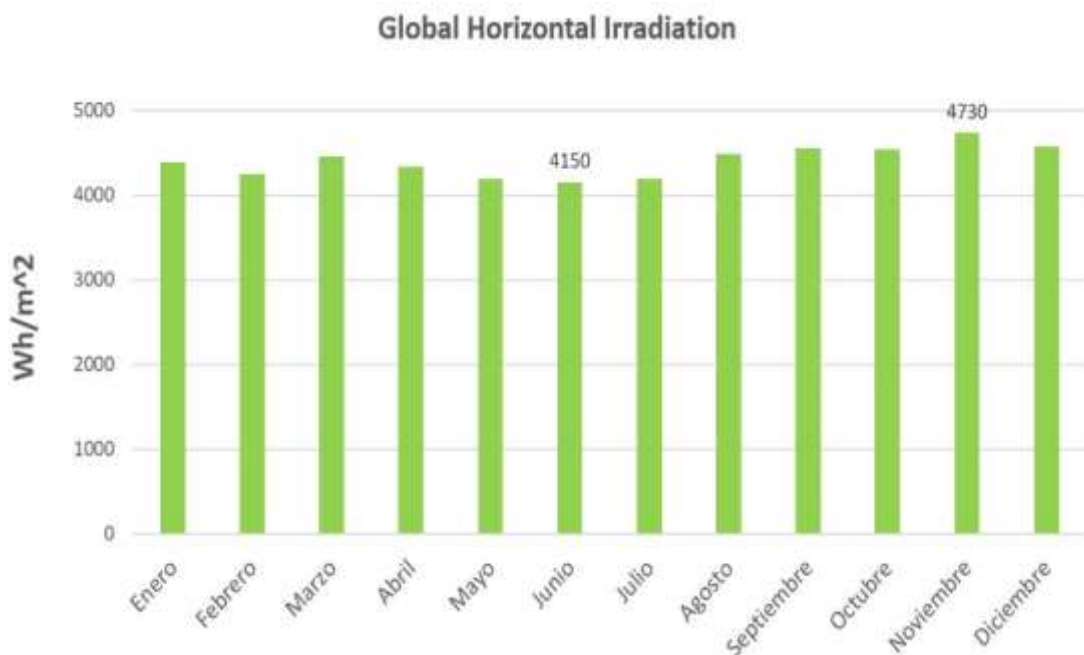


Fig. 47. Histograma de la irradiación solar del parque Tarqui - Guzho (HOMER)

Fuente: Autora

Mediante el software SolarGis se obtuvo un promedio mensual de Irradiación Global Horizontal (GHI), obteniendo menor irradiación solar en el mes de Junio en un promedio de 4350 Wh/m<sup>2</sup> y siendo el mes de Noviembre el de mayor irradiación solar en un promedio de 5680 Wh/m<sup>2</sup>.

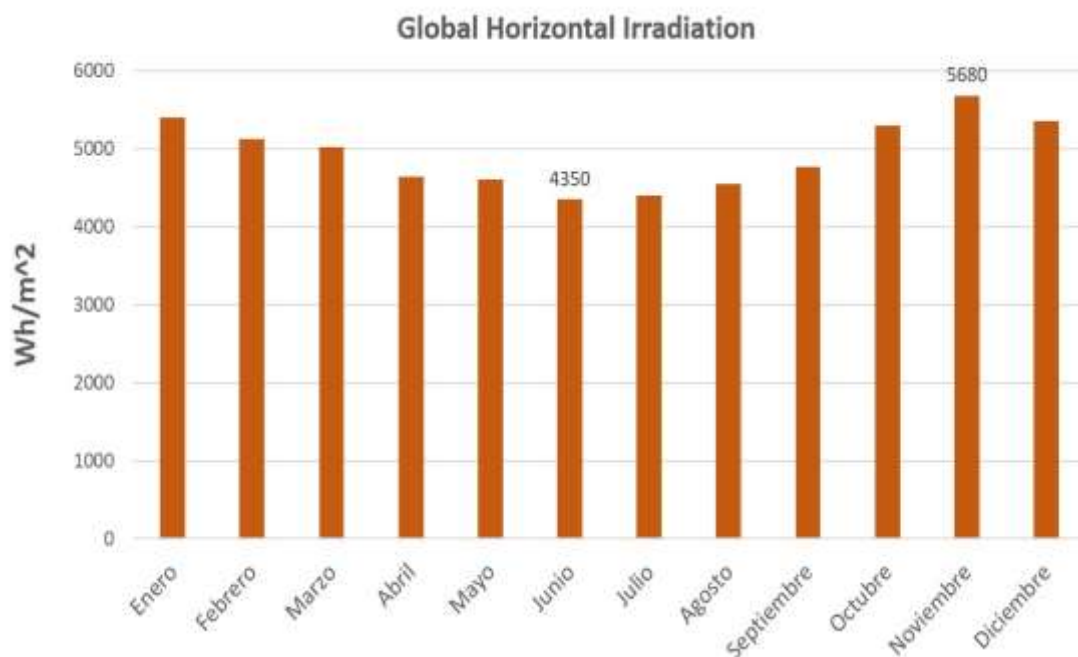


Fig. 48. Histograma de la irradiación solar del parque Tarqui - Guzho (SolarGis)

Fuente: Autora

Mediante el software Global Solar Atlas se obtuvo un promedio mensual de Irradiación Global Horizontal (GHI), obteniendo menor irradiación solar en el mes de Junio en un promedio de 4350 Wh/m² y siendo el mes de Noviembre el de mayor irradiación solar en un promedio de 5680 Wh/m².

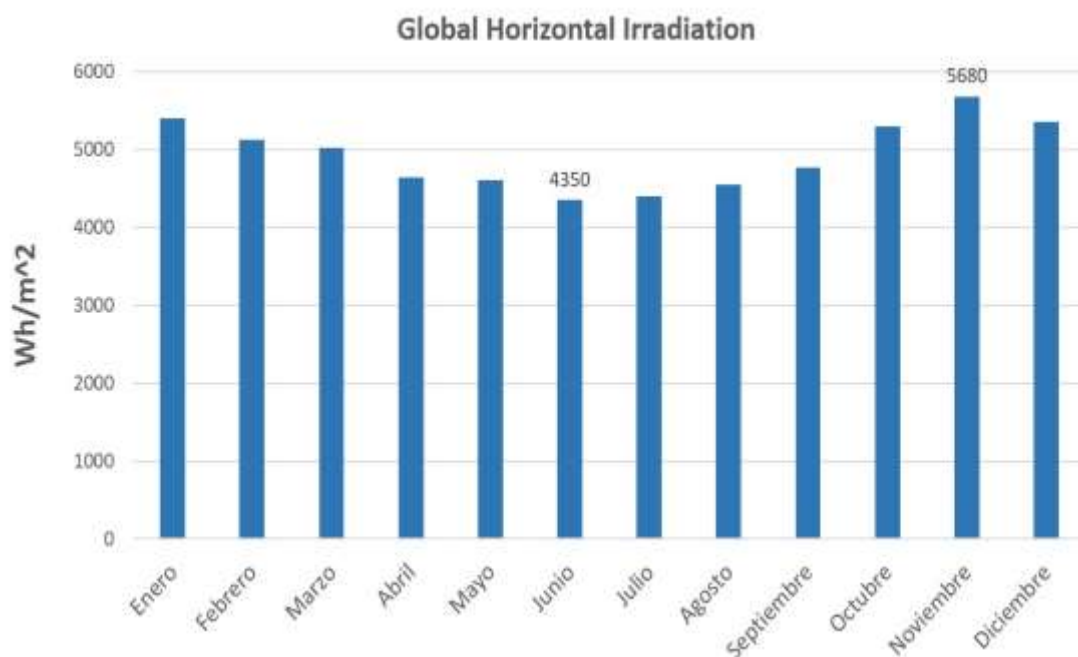


Fig. 49. Histograma de la irradiación solar del parque Tarqui - Guzho (Global Solar Atlas)

Fuente: Autora

Mediante el software PVsyst se obtuvo un promedio mensual de Irradiación Global Horizontal (GHI), obteniendo menor irradiación solar en el mes de Junio en un promedio de 4150 Wh/m<sup>2</sup> y siendo el mes de Noviembre el de mayor irradiación solar en un promedio de 4730 Wh/m<sup>2</sup>.

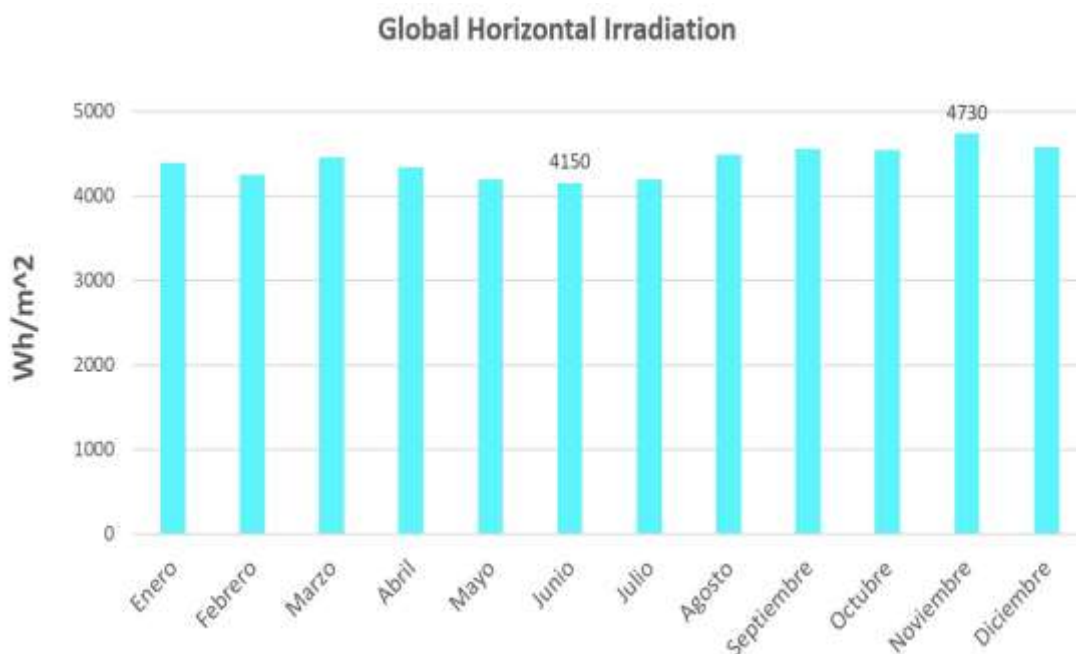


Fig. 50. Histograma de la irradiación solar del parque Tarqui - Guzho (SolarGis)

Fuente: Autora

### 3.1.2.2 Promedio de Irradiación solar existentes en los parques de la ciudad de Cuenca.

Tabla 10. Irradiación solar mínima y máxima de los parques de la ciudad de Cuenca

| Localización          | Homer |      | SolarGis |      | Global Solar Atlas |      | PVsyst |      |
|-----------------------|-------|------|----------|------|--------------------|------|--------|------|
|                       | Min   | Max  | Min      | Max  | Min                | Max  | Min    | Max  |
| Parque el Paraíso     | 4.15  | 4.73 | 4.35     | 5.68 | 4.35               | 5.68 | 4.15   | 4.73 |
| Parque de la Madre    | 4.15  | 4.73 | 4.35     | 5.68 | 4.35               | 5.68 | 4.15   | 4.73 |
| Parque Miraflores     | 4.15  | 4.73 | 4.35     | 5.68 | 4.35               | 5.68 | 4.15   | 4.73 |
| Parque de la Luz      | 4.15  | 4.73 | 4.35     | 5.68 | 4.35               | 5.68 | 4.15   | 4.73 |
| Parque Ictocruz       | 4.15  | 4.73 | 4.35     | 4.73 | 4.35               | 5.68 | 4.15   | 4.73 |
| Parque Tarqui - Guzho | 4.15  | 4.73 | 4.35     | 5.68 | 4.35               | 5.68 | 4.15   | 4.73 |
| <b>Promedio</b>       | 4.15  | 4.73 | 4.31     | 5.52 | 4.35               | 5.68 | 4.15   | 4.73 |

Fuente: Autora

En la Tabla 10 se observa los datos de irradiación solar obtenidos de los diferentes parques de la ciudad de Cuenca, mediante el uso de diferentes softwares, donde los valores mínimos

y máximos de irradiación solar no varían en gran escala unos con otros, es por ello que realizamos un promedio entre los valores obtenidos en los cuatro softwares obteniendo una Irradiación Global Horizontal (GHI) mínima de 4.24 kWh/m<sup>2</sup> y una Irradiación Global Horizontal (GHI) máxima de 5.17 kWh/m<sup>2</sup>.

### 3.1.2.3 Hora Solar Pico HSP

De acuerdo al Atlas Solar del Ecuador de 2019, la hora solar pico sugerida para la ciudad de Cuenca es de 4.5 lo cual está dentro de los valores mínimos y máximos de Irradiación Global Horizontal (GHI) obtenidos anteriormente.

$$HSP = \frac{\text{Radiacion solar minima kWh/m}^2}{1kW/m^2} \quad (1)$$

$$HSP = \frac{4.5 \text{ kWh/m}^2}{1kW/m^2} \quad (2)$$

$$HSP = 4.5 \quad (3)$$

## 3.2 Tipo de conexión del sistema solar fotovoltaico

La propuesta de este proyecto se basa en la realización de un negocio móvil para la venta de jugos, en vista de que se lo deberá trasladar de un lugar a otro el tipo de conexión del sistema solar fotovoltaico será aislado o autónomo, es decir el funcionamiento eléctrico del carrito móvil dependerá únicamente de la energía eléctrica generada por los módulos fotovoltaicos y para obtener un mayor tiempo de funcionamiento contará con banco de baterías el mismo que será calculado en el transcurso del diseño.

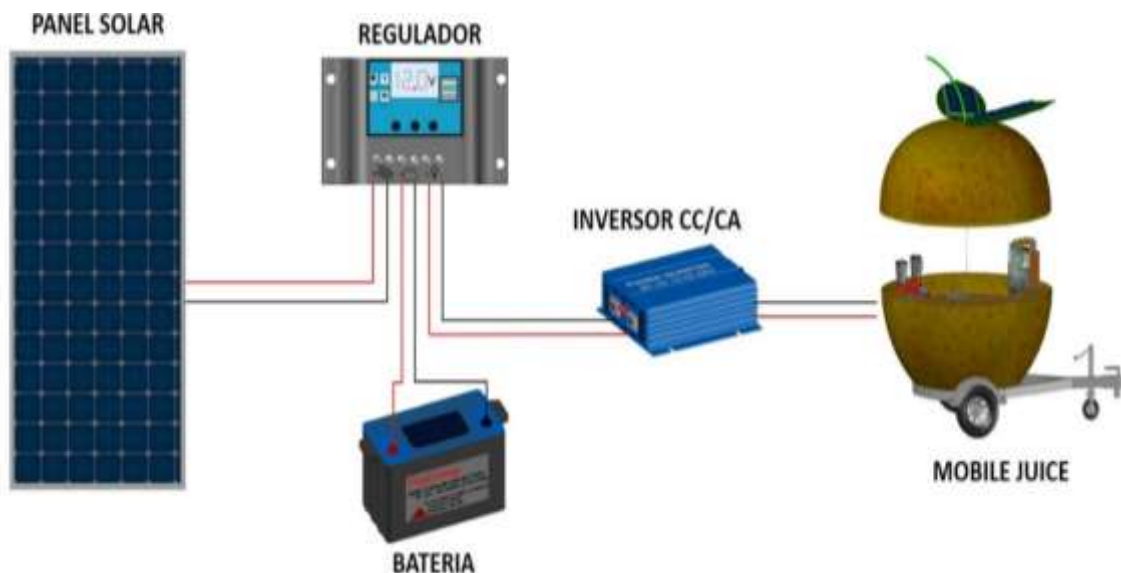


Fig. 51. Conexión del sistema solar fotovoltaico con el negocio móvil para la venta de jugos (Mobile - Juice)

Fuente: Autora

La instalación solar fotovoltaica aislada está conformada por uno o más módulos fotovoltaicos conectados en serie y/o en paralelo dependiendo de la necesidad de la instalación, cuenta con un regulador de carga el cual es imprescindible en este tipo de instalaciones para un correcto funcionamiento del sistema, además cuenta con un banco de baterías conectadas en serie y/o en paralelo de acuerdo a la capacidad requerida por el sistema, al tener en nuestra instalación equipos que requieren para su funcionamiento Corriente Alterna (CA) se usa un inversor de CC/CA y para la protección de los diferentes electrodomésticos es necesario instalar una caja de protecciones.

### 3.2.1 Orientación y ángulo de inclinación de los módulos fotovoltaicos.

La correcta orientación e inclinación de los módulos fotovoltaicos contribuyen con rendimiento del sistema solar fotovoltaico, puesto que la captación de la radiación solar será mayor.

La orientación de los módulos fotovoltaicos preferiblemente se los debe direccionar hacia el Sur o Norte, debido a que si se los orienta hacia el Este u Oeste la captación de la radiación solar será únicamente en las mañanas, es por ello que al estar la ciudad de Cuenca ubicada al Sur del Ecuador los módulos fotovoltaicos estarán orientados geográficamente hacia el Norte. (Makhdoomi & Askarzadeh, 2021)

El ángulo de inclinación de los módulos fotovoltaicos depende del lugar geográfico (latitud y longitud) donde se instalará el sistema solar fotovoltaico y de la época del año, para ello se deberá considerar un ángulo de inclinación óptimo.

La cantidad de radiación solar captada por un módulo fotovoltaico es la suma de la radiación del haz que pasa en línea recta desde la atmósfera al módulo fotovoltaico, para obtener la radiación solar, hay varios ángulos que son importantes en los cálculos solares:

$$\cos\gamma_s = (\sin\delta * \cos\emptyset - \cos\delta * \sin\emptyset * \cos\omega) / \sin\theta_z \quad (4)$$

$$\cos\theta_z = \sin\delta * \sin\emptyset + \cos\delta * \cos\emptyset * \cos\omega \quad (5)$$

$$\delta = 23.45^\circ \sin(360(284 + n)/365) \quad (6)$$

Donde:

$\gamma_s$  = Ángulo de azimut solar.

$\theta_z$  = Ángulo zenital.

$\emptyset$  = Latitud del sitio.

$\delta$  = Ángulo de declinación solar.

$\omega$  = Ángulo del horario solar.

$n$ =Número de día.

El valor del ángulo horario solar es negativo por la mañana y positivo por la tarde. Es una función del tiempo solar ( $t_s$ ) y se puede calcular mediante:

$$\omega = 15^\circ(t_s - 12) \quad (7)$$

$$t_s = t_c + E - (L_{st} - L_{loc})/15 \quad (8)$$

Donde:

$t_c$ = Hora civil

$L_{st}$ = Longitud del tiempo

$L_{loc}$ = Zona horaria local

$E$ = Error del tiempo

$$E = 229.2(0.000075 + 0.001868\cos B - 0.032077 * \sin(2B) - 0.014615\cos - 0.04089 * \sin(2B)) \quad (9)$$

$$B = 360(n - 81)/365 \quad (10)$$

La radiación de un cierto período se puede obtener mediante:

$$G = \int I_T dt \quad (11)$$

Donde  $I_T$  es la radiación global instantánea que incide sobre una superficie inclinada.

$$I_T = I_{b,h} \frac{\cos\theta}{\cos\theta_z} + I_{d,h} \frac{1 + \cos\beta}{2} + \rho(I_{b,h} + I_{d,h}) \frac{1 - \cos\beta}{2} \quad (12)$$

Donde:

$\rho$ =Es la reflectancia del suelo

$\beta$ = Ángulo de inclinación

$\theta$ = Ángulo de incidencia

$I_{b,h}$ = Radiación del haz sobre una superficie horizontal en un cielo despejado.

$$\cos\theta = \sin\delta * \sin(\phi - \beta) + \cos\delta * \cos(\phi - \beta) \cos\omega \quad (13)$$

$$I_{b,h} = I_{on} * \tau_b * \cos\theta_z \quad (14)$$

Donde  $I_{on}$  es la radiación de haz extraterrestre (definida por la ecuación (15)) y  $\tau_b$  denota la transmisión atmosférica (definida por la ecuación (16)).

$$I_{on} = I_{sc}(1 + 0.033\cos(360n/365)) \quad (15)$$

$$\tau_b = a_0 + a_1 \exp(-k/\cos\theta_z) \quad (16)$$

Donde  $I_{sc}$  es la constante solar ( $1367 \text{ W/m}^2$ ) y los coeficientes  $a_0$ ,  $a_1$  y  $k$  para altitudes inferiores a 2.5 km a intervalos de 0.5 km se pueden calcular mediante:

$$a_0 = 0.4237 - 0.00821(6 - A)^2 r_0 \quad (17)$$

$$a_1 = 0.5055 - 0.00595(6.5 - A)^2 r_1 \quad (18)$$

$$k = 0.2711 - 0.001858(2.5 - A)^2 r_k \quad (19)$$

Donde  $A$  (km) es la altitud del sitio y los valores considerados de  $r_0$ ,  $r_1$  y  $r_k$  son 0,97, 0,99 y 1,02, respectivamente los cuales dependen de las condiciones climáticas.

La radiación difusa sobre una superficie horizontal en cielo despejado se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$I_{d,h} = I_{on} * \tau_b * \cos\theta_z \quad (20)$$

Donde la transmitancia de la atmósfera para la radiación difusa  $\tau_d$  se obtiene por:

$$\tau_d = 0.2710 - 0.2939\tau_b \quad (21)$$

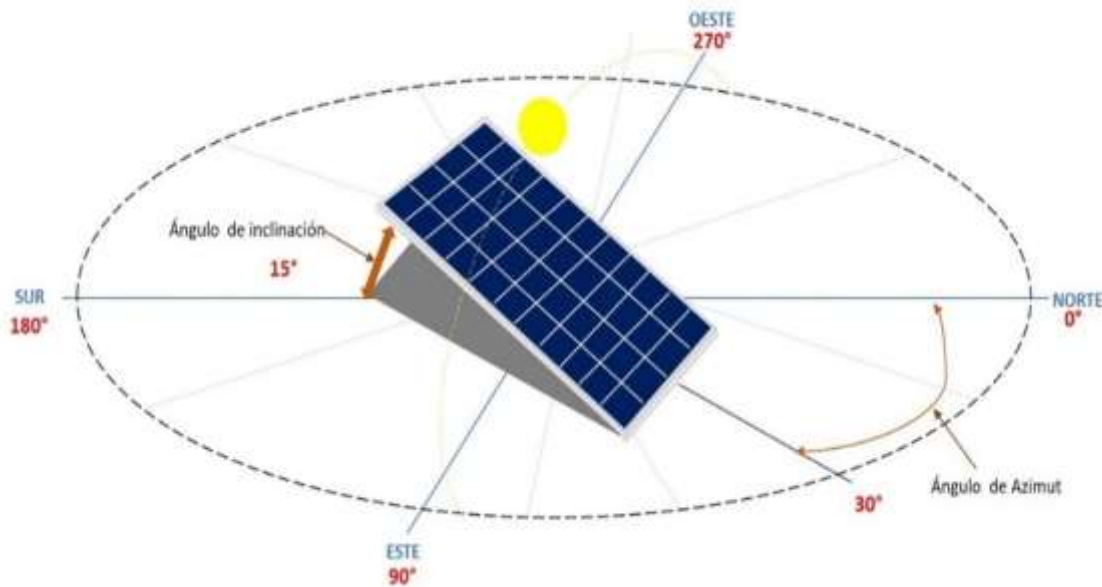


Fig. 52. Orientación y Ángulo de inclinación del módulo fotovoltaico

Fuente: Autora

Para la ciudad de Cuenca el ángulo de inclinación óptimo recomendado es de  $0^\circ$  a  $15^\circ$  con un ángulo de azimut de  $30^\circ$  con respecto al norte.

### 3.2.2 Sombreado.

A la hora de realizar el diseño e instalación de un sistema solar fotovoltaico se debe tomar en cuenta que el lugar este libre de obstáculos que provoquen sombras sobre los módulos fotovoltaicos, debido que esto perjudicaría a la generación de energía eléctrica, así como también provocaría el deterioro de los mismos dado a que se ocasionaría un sobrecalentamiento en los mismos.

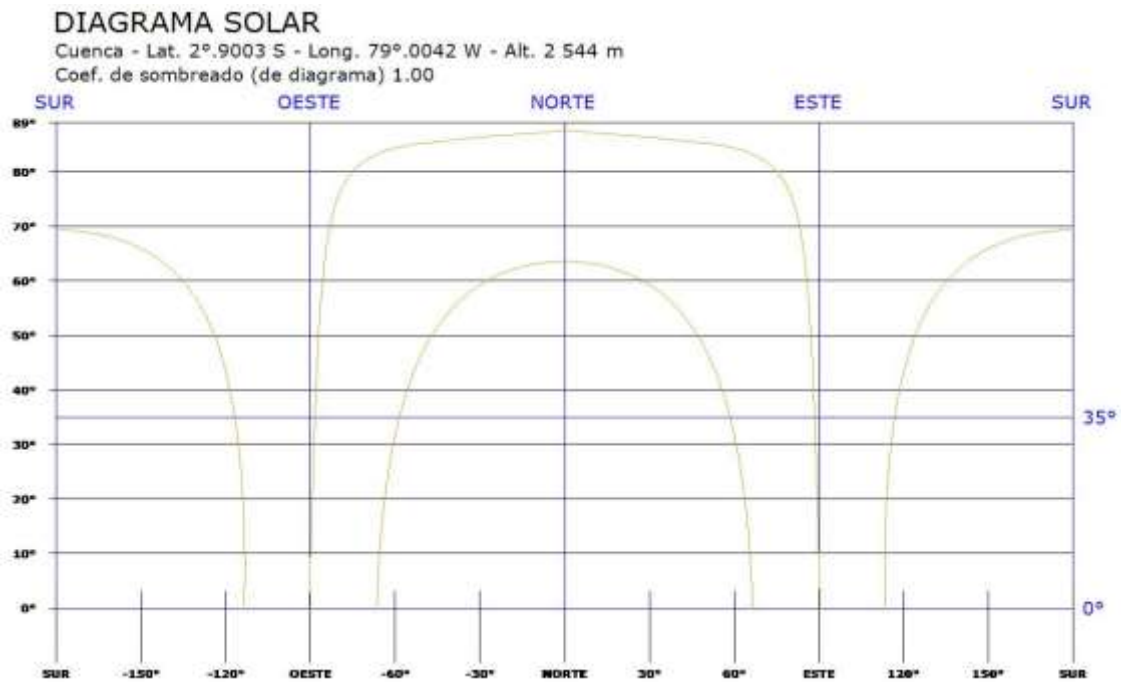


Fig. 53. Coeficiente de sombreado

Fuente: Autora

Realizar el análisis de sombra es fundamental dado a que nos permite identificar el tipo de sombra existente en el lugar y que medidas se puede tomar ante la presencia de una de ellas.

Tabla 11. Tipos de Sombreado

| Tipo de sombreado    | Causa                                             | Prevención                                                                                    |
|----------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sombreado Temporal   | Hojas caídas<br>Polvo<br>Excremento de aves       | Los módulos deberán ser colocados con una inclinación adecuada.                               |
| Sombreado Permanente | Edificios<br>Vegetación<br>Conductores eléctricos | Realizar cálculos sombreado debido a que la reducción de generación eléctrica será constante. |

Fuente: Autora

### 3.3 Artefactos eléctricos requeridos en el negocio (Mobile – Juice)

Los principales artefactos eléctricos que serán usados en el carrito para la venta de jugos “Mobile Juice” serán los siguientes:

- Nevera.
- Licuadoras.
- Extractor de jugo de naranja.

#### 3.3.1 Nevera.

Es uno de los artefactos eléctricos más importantes del negocio móvil para la venta de jugos (Mobile – Juice), debido a que nos ayudará a mantener los frutos frescos, brindando de esta manera al cliente un buen servicio.

Existen diferentes modelos y tamaños de neveras, las mismas que han venido evolucionando al pasar de los años mejorando su sistema, logrando de esta manera ser más prácticos y amigables con el medio ambiente, en la actualidad las nuevas líneas de neveras se han centrado también en ser más eficientes es decir lograr reducir el consumo energético de sus clientes, dado a que son artefactos que generan mayor consumo energético en los diferentes hogares.

Hoy en día los productos con este tipo de características están siendo los más vendidos en el mercado debido a su ahorro energético, es por ello que en este proyecto se ha buscado una nevera con tales características.



Fig. 54. Nevera

Fuente: Autora

#### 3.3.1.1 Datos técnicos

Los datos técnicos de la nevera fueron obtenidos de los productos existentes en el mercado, además de ello se tomó en cuenta la categoría energética de la nevera eligiendo de

esta manera la categoría A por su eficiencia, debido a las dimensiones de nuestro diseño la nevera deberá ser pequeña para poder ser instalada en el interior del Mobile-Juice.

Tabla 12. Datos técnicos

|                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| <b>Marca</b>        | <b>Midea</b>          |
| Modelo              | HS-65L                |
| Medidas             | 49,6cm X47cm X 44,7cm |
| Voltaje             | 115 V                 |
| Frecuencia          | 60Hz                  |
| Corriente           | 1.1 A                 |
| Entrada de Potencia | 75W                   |
| Carga               | 15g                   |
| Capacidad Bruta (L) | 46L                   |
| Capacidad Neta (L)  | 45L                   |
| Clase de Clima      | Sub Tropical          |
| Consumo de Energía  | 107 kWh/año           |
| Peso Neto           | 14.8 kg               |

Fuente:

### 3.3.2 Licuadora.

La función principal de una licuadora es triturar y mezclar alimentos sólidos ya sean frutas o verduras transformándolos en cremas y zumos mediante cuchillas que la integran, el control de la velocidad del motor se realiza mediante perillas o botones. Existen una variedad de licuadoras con diferentes características y potencias, esto dependiendo del fabricante.



Fig. 55 Licuadora

Fuente: Autora

| <b>Datos Técnicos</b> |       |
|-----------------------|-------|
| Marca                 | Oster |
| Voltaje               | 120 V |
| Frecuencia            | 60Hz  |
| Potencia              | 300W  |
| Capacidad             | 1.25L |
| Velocidad             | 10    |

### 3.3.3 Extractor de jugo de naranja.

Este artefacto eléctrico tiene como finalidad obtener la mayor cantidad de jugo de naranja para evitar desperdiciarlo dado que esto provocaría pérdidas económicas para el negocio.

Este aparato eléctrico es de fácil uso ya que para la obtención del jugo de naranja no se requiere realizar un gran procedimiento como habitualmente se lo realiza, debido a que esta máquina es automática y solo se requiere colocar las naranjas en el recipiente de la máquina la cual al encenderse exprimirá las mismas en un corto tiempo.



| Características Técnicas  |               |
|---------------------------|---------------|
| Marca                     | Zumex         |
| Medidas                   | 720x504x420mm |
| Voltaje                   | 110 V         |
| Frecuencia                | 60Hz          |
| Entra de Potencia         | 275W          |
| Capacidad cesta           | 5.5kg         |
| Capacidad del alimentador | 1.5kg         |
| Frutas por minuto         | 10uds         |
| Fusible                   | 10A           |
| Peso Neto                 | 52 kg         |

Fig. 56. Extractor de jugo de naranja

Fuente: Autora

### 3.4 Demanda energética del sistema

El sistema eléctrico del carrito para la venta de jugos “Mobile Juice” ha sido dimensionado de acuerdo a los diferentes artefactos eléctricos necesarios para su funcionamiento, los mismos que trabajan a corriente alterna (CA).

Para la elección de cada uno de estos artefactos eléctricos se ha considerado la eficiencia energética de cada uno de ellos con la finalidad de optimizar el sistema y reducir costos de inversión del sistema fotovoltaico.

Tabla 13. Demanda energética del sistema

| Artefacto | Cantidad | Potencia (W) | Potencia Total (W) | Operación (h/día) | Energía (Wh/día) |
|-----------|----------|--------------|--------------------|-------------------|------------------|
| Licuada   | 2        | 300          | 600                | 1                 | 600              |

|                              |   |     |     |   |      |
|------------------------------|---|-----|-----|---|------|
| Extractor de jugo de naranja | 1 | 275 | 275 | 4 | 1100 |
| Cargador de celular          | 2 | 5   | 10  | 1 | 10   |
| Nevera                       | 1 | 75  | 75  | 6 | 450  |
| Total                        |   |     | 960 |   | 2160 |

Fuente: Autora

En la Tabla 13 se puede identificar la energía consumida por los diferentes artefactos eléctricos, para ello se tomó en cuenta el tiempo de funcionamiento diario de cada uno de ellos, estos valores obtenidos nos servirán para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

Cálculo de la energía necesaria tomando en cuenta el factor de simultaneidad de la demanda (90%):

$$E_{necesaria} = Energía_{(Wh/día)} * f_{simultaneidad} \quad (22)$$

$$E_{necesaria} = 2160 * 0.9 \quad (23)$$

$$E_{necesaria} = 1944 Wh/día \quad (24)$$

### 3.5 Cálculo y selección del sistema solar fotovoltaico

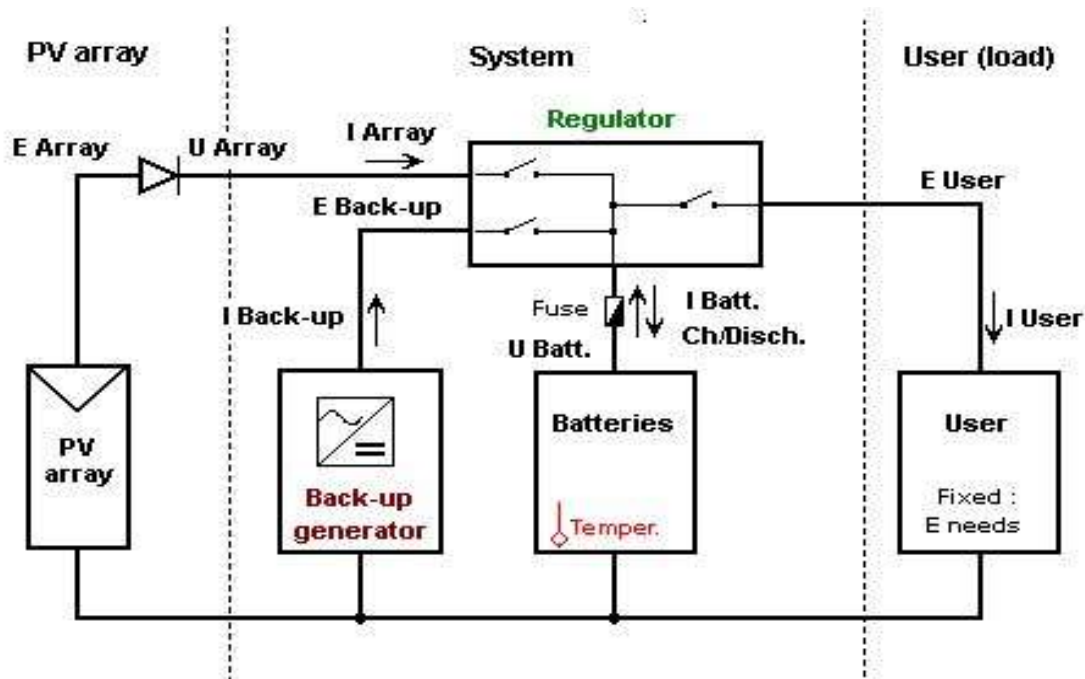


Fig. 57. Circuito característico de un SFA

Fuente: Autora

En la Fig. 57 se encuentra representado el circuito característico de un sistema fotovoltaico aislado SFA, el cual consta con los diferentes equipos necesarios para el sistema, los mismos que serán calculados a continuación.

### 3.5.1 Módulo Fotovoltaico de 12 V.

#### Características Técnicas:

|                                           |                |
|-------------------------------------------|----------------|
| Marca:                                    | ERA SOLAR      |
| Tipo de celda:                            | Policristalino |
| Número de células:                        | 72(6x12)       |
| Dimensiones:                              | 1332x992x35 mm |
| Vida útil:                                | 25 años        |
| Potencia nominal ( $P_{MPP}$ )            | 200 Wp         |
| Caja de protección de uniones:            | IP 65          |
| Voltaje Máxima Potencia ( $V_{mp}$ ):     | 18.2 V         |
| Corriente Máxima Potencia ( $I_{mp}$ ):   | 11 A           |
| Voltaje de Circuito Abierto ( $V_{oc}$ ): | 22.7 V         |
| Corriente en Cortocircuito ( $I_{sc}$ ):  | 11.86 A        |
| Peso:                                     | 14.2 kg        |
| Temperatura de Operación:                 | 45°C           |
| Precio unitario:                          | \$ 177         |



Fig. 58. Módulo fotovoltaico

Fuente: (AutoSolar, 2021)

Energía generada por el módulo fotovoltaico:

$$E_{\text{módulo}} = P_{MPP} * HSP * \text{rendimiento del módulo} \quad (25)$$

$$E_{\text{módulo}} = 200 * 4.5 * 0.90 \quad (26)$$

$$E_{\text{módulo}} = 810 \text{ Wh} \quad (27)$$

Número de módulos fotovoltaicos en paralelo:

$$M_{\text{paralelo}} = \frac{E_{\text{necesaria}}}{E_{\text{módulo}}} \quad (28)$$

$$M_{\text{paralelo}} = \frac{1944}{810} \quad (29)$$

$$M_{\text{paralelo}} = 2.40 = 2 \quad (30)$$

Número de módulos fotovoltaicos en serie:

$$M_{\text{serie}} = \frac{V_{SB}}{V_{\text{módulo}}} \quad (31)$$

Donde:

$M_{serie}$  = Número de módulos en serie

$V_{SB}$  = Voltaje del sistema de baterías

$V_{módulo}$  = Voltaje del módulo fotovoltaico

Entonces:

$$M_{serie} = \frac{12}{12} \quad (32)$$

$$M_{serie} = 1 \quad (33)$$

Total de módulos fotovoltaicos:

$$T_{módulos} = (M_{serie} * M_{paralelo}) \quad (34)$$

$$T_{módulos} = (1 * 2) \quad (35)$$

$$T_{módulos} = 2 \quad (36)$$

### 3.5.2 Batería.

Se calcula el número de baterías necesarias para el sistema, tomando en cuenta que las mismas serán usadas principalmente en los días de menor radiación solar y en las noches para alimentar únicamente al sistema de refrigeración, es por ello que se ha planteado para el cálculo del sistema de baterías una autonomía de 2 días y una profundidad de descarga del 60%.

#### Características Técnicas:

|                           |                         |
|---------------------------|-------------------------|
| Marca:                    | Future Green Technology |
| Voltaje por unidad:       | 12V                     |
| Capacidad nominal:        | 180Ah                   |
| Dimensiones:              | 522x268x226mm           |
| Vida útil:                | 12 años                 |
| Temperatura de Operación: | -20 °C a 55 °C          |
| Peso:                     | 53 kg                   |
| Precio unitario:          | \$ 206                  |



Fig. 59. Batería

Fuente: (Technology, 2021)

$$C_{SB} = \frac{E_{necesaria} * D_{aut}}{V_{SB} * P_d} \quad (37)$$

Donde:

$C_{SB}$  = Capacidad del Sistema de Baterías

$E_{necesaria}$  = Energía necesaria

$D_{aut}$  = Días de autonomía

$V_{SB}$  = Voltaje del Sistema de Baterías

$P_d$  = Profundidad de descarga

Entonces:

$$C_{SB} = \frac{1944 * 2}{12 * 0.6} \quad (38)$$

$$C_{SB} = 540 \text{ Ah} \quad (39)$$

Número de baterías en paralelo:

$$N_{paralelo} = \frac{C_{SB}}{C_B} \quad (40)$$

$$N_{paralelo} = \frac{540}{180} \quad (41)$$

$$N_{paralelo} = 3 \text{ baterías} \quad (42)$$

Número de baterías en serie:

$$N_{serie} = \frac{V_{SB}}{V_B} \quad (43)$$

$$N_{serie} = \frac{12}{12} \quad (44)$$

$$N_{serie} = 1 \quad (45)$$

Total de Baterías:

$$T_{Baterías} = (N_{serie} * N_{paralelo}) \quad (46)$$

$$T_{Baterías} = (1 * 3) \quad (47)$$

$$T_{Baterías} = 3 \quad (48)$$

### 3.5.3 Inversor.

Para el dimensionamiento del inversor se debe considerar el número de módulos fotovoltaicos a instalar y la potencia del mismo, mediante la siguiente ecuación:

$$P_{inversor} = T_{módulos} * P_{MPP}$$

Donde:

$P_{inversor}$  = Potencia del Inversor

$T_{\text{módulos}}$  = Total de módulos fotovoltaicos

$P_{MPP}$  = Potencia nominal del módulo fotovoltaico

Entonces:

$$P_{\text{inversor}} = 2 * 200 \quad (49)$$

$$P_{\text{inversor}} = 400 \text{ W} \quad (50)$$

#### Características Técnicas:

|                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| Marca:              | Samlexamerica        |
| Voltaje de entrada: | 12 VCD               |
| Voltaje de salida:  | 120 VCA              |
| Forma de onda:      | Onda sinusoidal pura |
| Frecuencia:         | 60 Hz                |
| Potencia máxima:    | 1000 W               |
| Potencia de salida: | 600 W                |
| Eficiencia máxima:  | 90 %                 |
| Dimensiones:        | 238 x 276.2 x 82 mm  |
| Peso:               | 2.7 Kg               |
| Vida útil:          | 10 años              |
| Costo:              | \$220                |



Fig. 60. Inversor

Fuente: (SAMLEXAMERICA, 2021)

#### 3.5.4 Regulador.

Para el cálculo del regulador se recomienda multiplicar por un factor de seguridad de 1.25 para evitar el aumento de intensidad y tensión que podrían suministrar los paneles fotovoltaicos en determinadas condiciones climatológicas.

$$C_{\text{regulador}} = \frac{1.25 * I_{sc} * T_{\text{módulos}}}{M_{\text{serie}}} \quad (51)$$

Donde:

$I_{\text{int}}$  = Corriente de entrada del regulador

$I_{sc}$  = Corriente de Cortocircuito del módulo fotovoltaico

$T_{\text{módulos}}$  = Número total de módulos fotovoltaicos

$M_{\text{serie}}$  = Número de módulos en serie

Entonces:

$$C_{\text{regulador}} = \frac{1.25 * 11.86 * 2}{1} \quad (52)$$

$$C_{\text{regulador}} = 29.65 \text{ A} \quad (53)$$

| Controlador de carga SmartSolar          | MPPT 100/30                                                                                                                               | MPPT 100/50 |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Tensión de la batería                    | Selección automática 12/24V                                                                                                               |             |
| Corriente de carga nominal               | 30A                                                                                                                                       | 50A         |
| Potencia FV nominal, 12V 1a,b)           | 440W                                                                                                                                      | 700W        |
| Potencia FV nominal, 24V 1a,b)           | 880W                                                                                                                                      | 1400W       |
| Tensión máxima del circuito abierto FV   | 100V                                                                                                                                      | 100V        |
| Máxima corriente de corto circuito FV 2) | 35A                                                                                                                                       | 60A         |
| Eficacia máxima                          | 98%                                                                                                                                       | 98%         |
| Autoconsumo                              | 10 mA                                                                                                                                     |             |
| Tensión de carga de "absorción"          | Valores predeterminados: 14,4V / 28,8V (ajustable)                                                                                        |             |
| Tensión de carga de "flotación"          | Valores predeterminados: 13,8V / 27,6V (ajustable)                                                                                        |             |
| Algoritmo de carga                       | adaptativo multifase                                                                                                                      |             |
| Compensación de temperatura              | -16 mV / °C, -32 mV / °C resp.                                                                                                            |             |
| Protección                               | Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario)<br>Polaridad inversa FV<br>Cortocircuito de salida<br>Sobretensión |             |
| Temperatura de trabajo                   | De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40 °C)                                                                               |             |
| Humedad                                  | 95%, sin condensación                                                                                                                     |             |
| Puerto de comunicación de datos          | VE.Direct<br>Consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web                                                    |             |
| CARCASA                                  |                                                                                                                                           |             |
| Color                                    | Azul (RAL 5012)                                                                                                                           |             |
| Terminales de conexión                   | 13 mm² / AWG6                                                                                                                             |             |
| Grado de protección                      | IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)                                                                                  |             |
| Peso                                     | 1,3 kg                                                                                                                                    |             |
| Dimensiones (al x an x p)                | 130 x 186 x 70 mm                                                                                                                         |             |

Fig. 61. Datos técnicos del regulador

Fuente: (SmartSolar, 2021)

### 3.5.5 Conductores eléctricos.

Los conductores son encargados de permitir el paso de la corriente hacia los diferentes artefactos los mismos que deberán estar respectivamente aislados para que el sistema sea confiable y segura, a la hora de adquirir los conductores se debe tomar en cuenta la longitud de transmisión, el voltaje, el flujo de la corriente y el lugar donde se instalará, de preferencia los conductores deben ser flexibles y de cobre dado a su fácil manejo y su buena conductividad eléctrica.

La selección del calibre del conductor para el circuito de tomacorrientes se consideró la normativa vertida por el INEN (Código Eléctrico Nacional CPE INEN 19) el mismo nos dice que para un circuito de tomacorrientes se deberá usar un conductor de calibre #12.

Para la selección del calibre de los conductores a usar en la conexión de los diferentes equipos de sistema solar fotovoltaico, es necesario calcular la sección del mismo tomando en cuenta la longitud de un equipo a otro, la intensidad y la caída de tensión admisibles según IDEA.

Tabla 14. Caída de tensión admisible según IDEA

| Subsistema                      | Caída de tensión Max | Caída de tensión recomendada |
|---------------------------------|----------------------|------------------------------|
| Módulo fotovoltaico - regulador | 3%                   | 1%                           |
| Regulador – baterías            | 1%                   | 0.5%                         |

|                     |    |      |
|---------------------|----|------|
| Baterías - Inversor | 1% | 1%   |
| Inversor – carga AC | 3% | 1.5% |
| Inversor – carga DC | 1% | 0.5% |

Fuente: Autora

Cálculo de la sección del conductor eléctrico:

$$S = \frac{2 * L * I}{\Delta V * K} \quad (54)$$

S = Sección del conductor

L = Longitud del conductor

I = Intensidad máxima

$\Delta V$  = Caída de tensión permitida en el tramo

K= Conductividad del conductor (cobre 56)

Tabla 15. Cálculo de la sección de conductor para cada uno de los subsistemas

| Subsistema                      | L (m) | I (A) | $\Delta V$ | S (mm <sup>2</sup> ) |
|---------------------------------|-------|-------|------------|----------------------|
| Módulo fotovoltaico - regulador | 4     | 8.79  | 0.12       | 10.46                |
| Regulador – baterías            | 1     | 50    | 0.06       | 29.76                |
| Baterías - Inversor             | 1     | 66.66 | 0.12       | 19.83                |
| Inversor – carga AC             | 1.5   | 7.27  | 1.65       | 0.11                 |

Fuente: Autora

De acuerdo al cálculo realizado se procede a elegir el calibre del conductor de la Fig. 62. de acuerdo a la sección del conductor.

| Calibre<br>AWG - MCM | Sección Real<br>(mm <sup>2</sup> ) | Intensidad<br>Admisible<br>(Amperios) |
|----------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| 14                   | 2.081                              | 30                                    |
| 12                   | 3.309                              | 40                                    |
| 10                   | 5.261                              | 55                                    |
| 8                    | 8.366                              | 70                                    |
| 6                    | 13.300                             | 100                                   |
| 4                    | 21.150                             | 130                                   |
| 3                    | 26.670                             | 150                                   |
| 2                    | 33.630                             | 175                                   |
| 1                    | 42.410                             | 205                                   |
| 1/0                  | 53.480                             | 235                                   |
| 2/0                  | 67.430                             | 275                                   |
| 3/0                  | 85.030                             | 320                                   |
| 4/0                  | 107.200                            | 370                                   |
| 250 MCM              | 126.700                            | 410                                   |
| 300 MCM              | 151.000                            | 460                                   |

Fig. 62. Calibre de conductores de acuerdo a la sección y amperaje

Fuente: (Conocimientosweb.net, 2021)

### 3.5.6 Sistema de protección.

Contar con un sistema de protección es de suma importancia tanto para proteger los equipos, así como también a las personas. Para proteger los módulos fotovoltaicos será necesario utilizar fusibles del modelo In = 25 A para cada uno de ellos, esto debido a que contamos con 3 módulos fotovoltaicos conectados en paralelo con una intensidad de 8.79 A.

Para la interconexión entre el módulo fotovoltaico y el regulador se requiere de un fusible de In=32 A, debido a que en este tramo se cuenta con una corriente de 26.37 A y los aparatos eléctricos de uso de corriente alterna estarán protegidos por interruptores termomagnéticos de 20 A.

### 3.5.7 Diagrama Unifilar del sistema fotovoltaico del negocio móvil para la venta de jugos (Mobile – Juice).

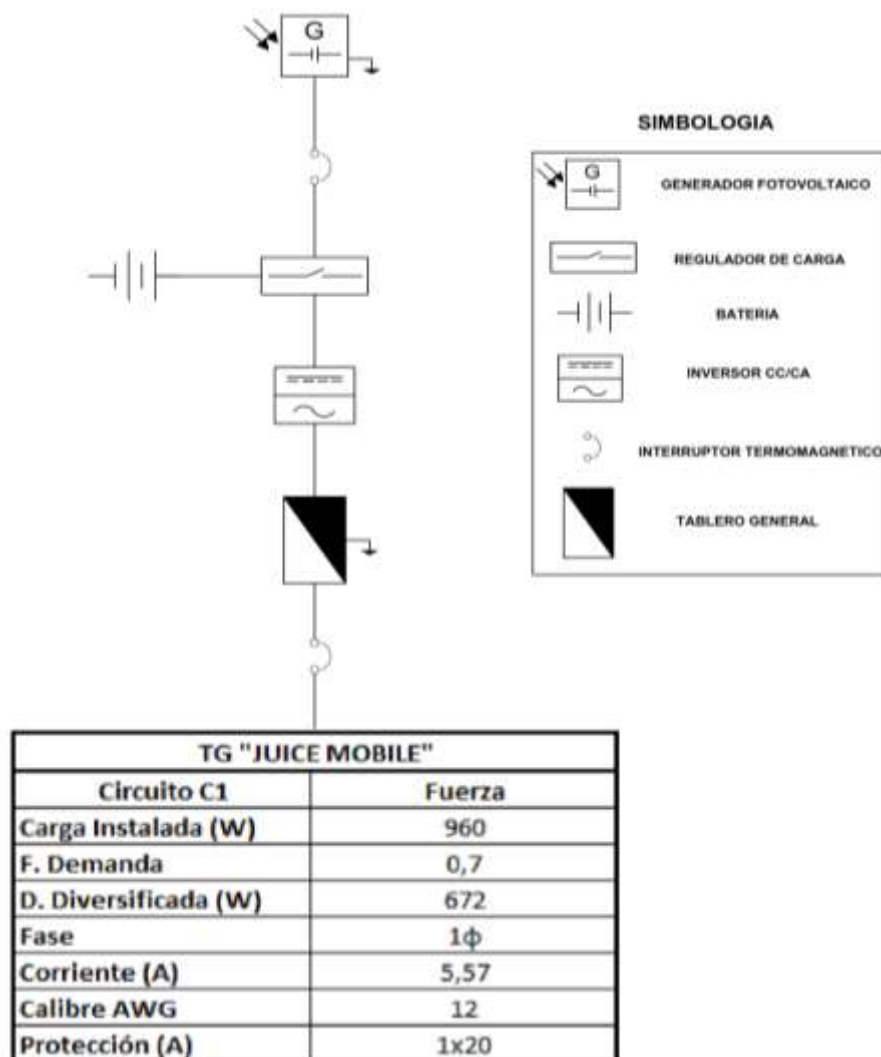


Fig. 63. Diagrama Unifilar del sistema fotovoltaico del negocio (Mobile – Juice)

Fuente: Autora

En la Fig.63 se encuentra representado el diagrama unifilar del sistema fotovoltaico del carrito de venta de jugos “Mobile - Juice” el cual tiene como finalidad facilitar la instalación eléctrica del sistema, el cual consta con la simbología de cada uno de los elementos del mismo, los conductos se representan por una línea, cabe resaltar que toda instalación eléctrica deberá contar con un sistema de protección para evitar daños a los artefactos eléctricos del sistema, así como para proteger a las personas ante posibles descargas eléctricas, en el diagrama unifilar también podemos identificar el tipo de instalación (monofásica o trifásica) que se va a realizar, así como también el calibre del conductor a usar y el amperaje de las protecciones.

## CAPITULO 4

### 4 MODELADO Y SIMULACIÓN

Una vez determinada los parámetros de los diferentes elementos que conformarán el sistema solar fotovoltaico aislado del proyecto, se procede a realizar el modelamiento y simulación de cada uno de ellos mediante el uso de diferentes softwares.

Para realizar el modelamiento matemático se usó el software MATLAB debido a su avanzada tecnología, en la actualidad estos modelos matemáticos son digitalizados para la realización de simulaciones las mismas que nos sirven para verificar el comportamiento del sistema que estamos estudiando.

#### 4.1 Modelado matemático del módulo fotovoltaico

El modelamiento matemático de un módulo fotovoltaico se basa principalmente en la relación de la corriente – voltaje, cabe recalcar que un módulo fotovoltaico está constituido por una serie de células solares, las mismas que están constituidas por la unión de semiconductores P y N. (Sumathi, Ashok Kumar, & Surekha, 2015)

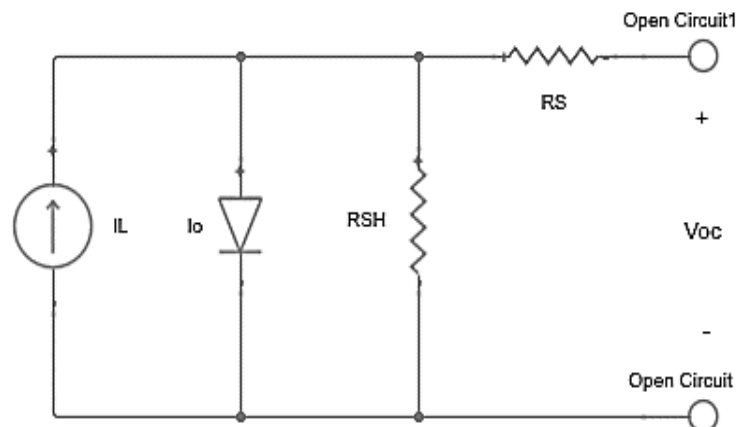


Fig. 64. Circuito equivalente de una célula solar

Fuente: Autora

En la Fig.64. se puede observar el circuito equivalente de una célula solar en forma de un diodo, la misma que representa el comportamiento de un módulo fotovoltaico en función de la radiación solar y de la temperatura, el circuito está constituido por una fuente de corriente  $I_L$  la cual depende de la radiación solar, un diodo en paralelo para detraer la corriente de la oscuridad  $I_o$ , una resistencia en paralelo  $R_s$  y una resistencia en serie  $R_{SH}$  que representan las pérdidas intrínsecas. (Sumathi, Ashok Kumar, & Surekha, 2015)

La determinación de la corriente total generada por el módulo fotovoltaico se aplica la ley de corrientes de Kirchhoff.

$$I = IL - I_0 - (V_{oc} + RS * I / RSH) \quad (55)$$

La corriente de oscuridad  $I_0$  generada al interior de la célula solar se determina mediante un diodo real, la cual se encuentra representada por la ecuación de Shockley.

$$I_0 = IS * (e^{v/\eta * VT} - 1) \quad (56)$$

Donde:

$IS$  = Coeficiente de saturación.

$\eta$  = Coeficiente de emisión.

$v$  = Voltaje en los electrodos de la célula solar.

$VT$  = Voltaje térmico de la célula solar.

La determinación del voltaje térmico de la célula solar se da mediante la siguiente ecuación:

$$VT = kT/q \quad (57)$$

Donde:

$K$  = Constante de Boltzman  $1,38 \times 10^{-23}$  [J/°K]

$q$  = Carga del electrón  $1,16 \times 10^{-19}$  [C]

$T$  = Temperatura absoluta de la célula solar.

En la ecuación 57 luego de remplazar las constantes y pasar los grados °K a °C queda expresada de la siguiente forma:

$$V_T = 0,081615 * (t + 273) \quad (58)$$

Donde:

$t$  = Temperatura [°C]

$V_T$  = Voltaje térmico [mV]

La corriente de cortocircuito para voltaje igual a cero se determina por la ecuación:

$$I_{SC} = IL \quad (59)$$

Aplicando la ecuación 55 se obtiene el valor de la corriente generada por la célula solar que está dada por:

$$I = I_{SC} - I_0 * (e^{v/VT} - 1) \quad (60)$$

Donde  $I_{SC}$  e  $I_0$  están relacionadas respectivamente con  $J_{SC}$  y  $J_0$ , por lo que la corriente generada depende fundamentalmente del área en la que la célula solar va a captar la energía solar:

$$I_{SC} = A * J_{SC} \quad (61)$$

$$I_o = A * J_o \quad (62)$$

Donde:

A = Área Total [m<sup>2</sup>]

J<sub>SC</sub> = Densidad de corriente de cortocircuito [A/m<sup>2</sup>]

J<sub>o</sub> = Densidad de saturación [A/m<sup>2</sup>]

La potencia generada por la célula solar se determina mediante la siguiente ecuación:

$$P = V * I = V * [I_L - I_o(e^{v/V_T} - 1)] \quad (63)$$

Donde la potencia es igual al producto del voltaje generado en los terminales de la célula solar y la corriente de salida, se debe tener en consideración el signo ya que el mismo determinará hacia donde fluye la potencia, es decir si es positivo la potencia va hacia la carga y si es negativo la potencia viene desde la carga. (Vera Dávila, Delgado Ariza, & Sepúlveda Mora, 2018)

Al ser un modelado lineal se ve afectado por los datos de la radiación solar y de la temperatura, los mismos que varían durante el día, es por ello que la generación de potencia de la célula fotovoltaica se expresa en la siguiente ecuación:

$$P_{PV} = P_{STC} * G_{ISC}/G_{STC} * [1 + k(T_c - T_r)] \quad (64)$$

Donde:

P<sub>PV</sub> = Potencia generada por el panel solar fotovoltaico

P<sub>STC</sub> = Potencia nominal del panel solar fotovoltaico en condiciones de prueba estándar

G<sub>ISC</sub> = Radiación solar instantánea

G<sub>STC</sub> = Radiación solar en condiciones de prueba estándar

k = Coeficiente de temperatura del silicio con que se fabrica la célula

T<sub>r</sub> = Temperatura referencial de la célula (temperatura ambiente)

T<sub>c</sub> = Temperatura de la célula en condiciones de prueba estándar

#### 4.2 Simulación del comportamiento de un módulo fotovoltaico con respecto a los datos temperatura e irradiación

El modelamiento y simulación del módulo fotovoltaico fue realizado en el software MATLAB Simulink, en el cual se diseñó el siguiente diagrama de bloques, el mismo que nos dará como respuesta, curvas de corriente - voltaje (I – V) y potencia – voltaje (P – V).

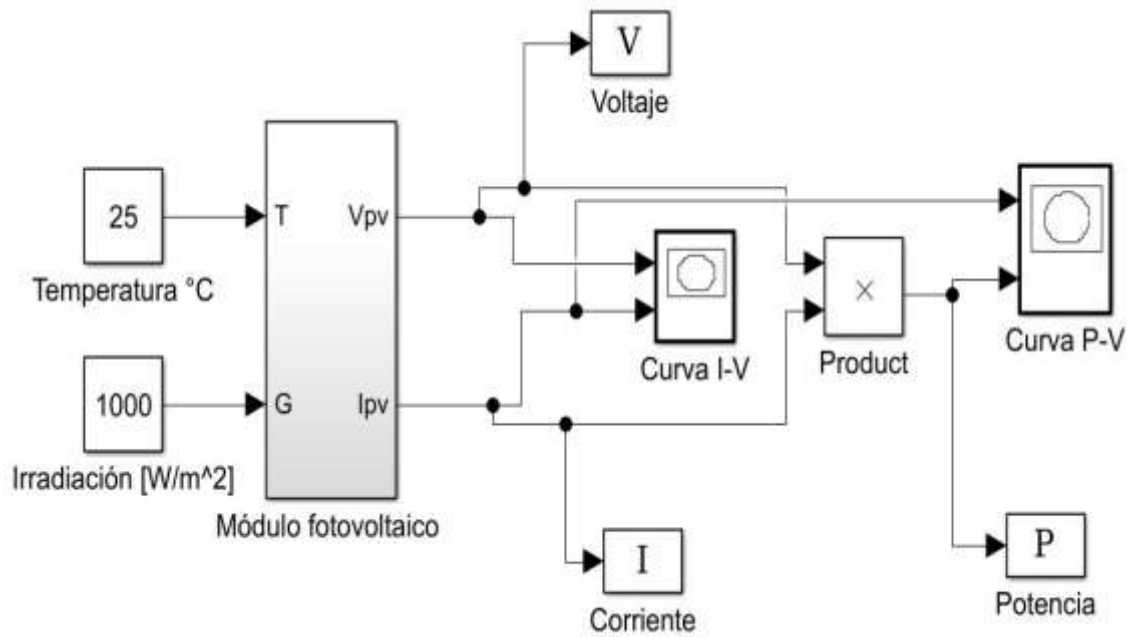


Fig. 65. Diagrama de bloques de un módulo fotovoltaico

Fuente: Autora

En el diagrama realizado se puede observar los valores de Temperatura e Irradiancia captados por el módulo fotovoltaico, los mismos que juegan un papel importante a la hora de la generación de energía eléctrica, la cual varía de acuerdo a la temperatura e Irradiancia captadas por el módulo, mediante el software usado se pudo simular lo anteriormente explicado para posteriormente obtener las curvas I-V y P-V.

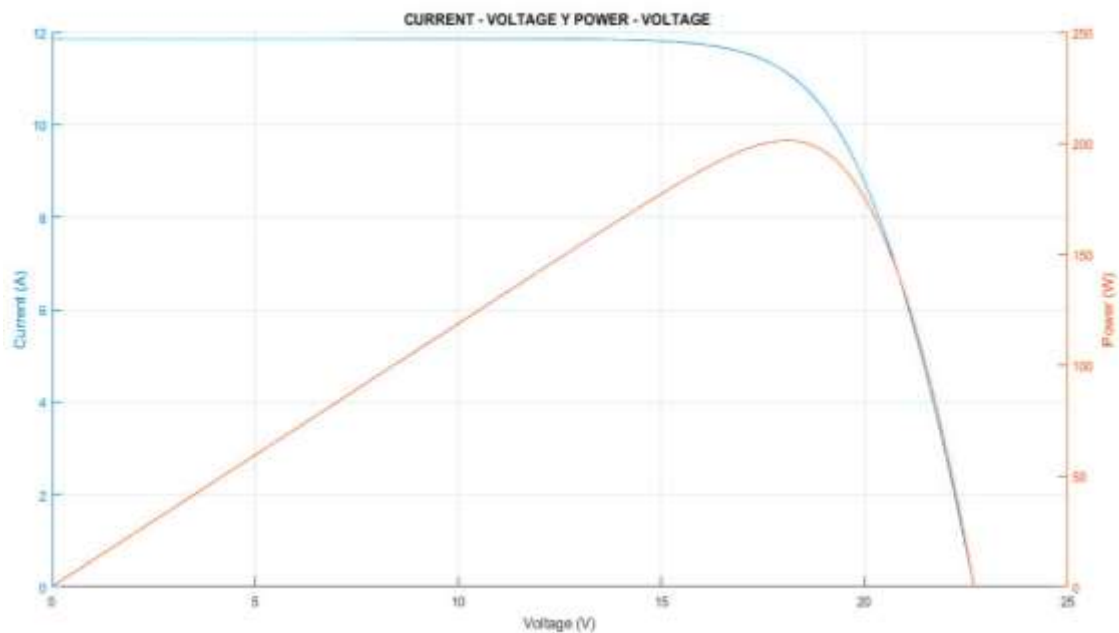


Fig. 66. Curva característica I – V y P – V del módulo fotovoltaico de 200W

Fuente: Autora

#### 4.2.1 Curvas resultantes I – V y P – V de acuerdo a la variación de la irradiación.

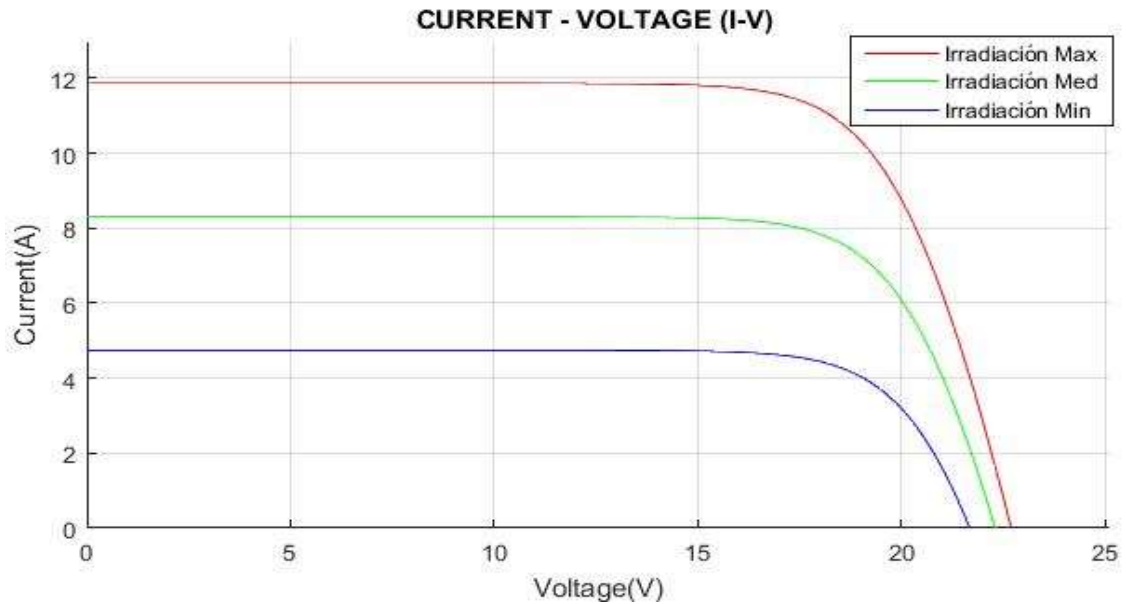


Fig. 67. Curva resultante I – V con la variación de la irradiación

Fuente: Autora

La variación de la irradiación solar afecta principalmente a la corriente generada por el módulo fotovoltaico la cual variará de acuerdo a la irradiación, es decir a mayor irradiación mayor corriente, en cuanto a la tensión generada variará en un mínimo porcentaje, como se observa en la Fig.67 al tener una irradiación máxima de 5.17 kWh/m<sup>2</sup> se obtendrá un corriente Isc de 11.86 A y un voltaje Voc de 22.7 V, al tener una irradiación media de 4.65 kWh/m<sup>2</sup> se obtendrá un corriente Isc de 8.30 A y un voltaje Voc de 22.3 V y al tener una irradiación mínima de 4.24 kWh/m<sup>2</sup> se obtendrá un corriente Isc de 4.74 A y un voltaje de Voc 22V.

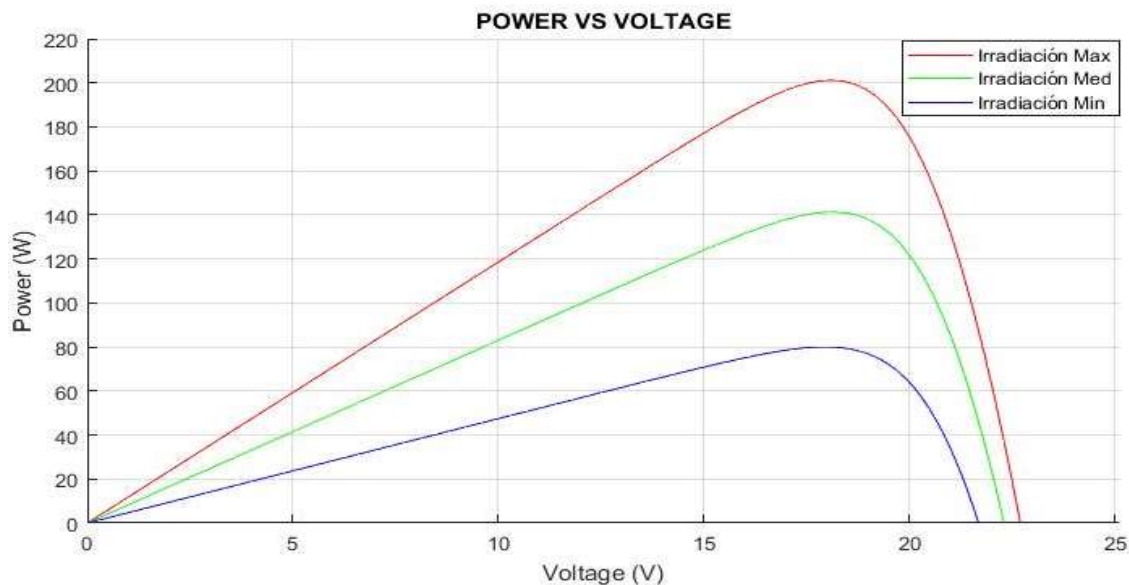


Fig. 68. Curva resultante P – V con la variación de la irradiación

Fuente: Autora

En la Fig.68 se puede observar la variación de la potencia con respecto al voltaje, la misma que variará como el caso anterior a mayor irradiación mayor potencia generará el módulo fotovoltaico, al tener una irradiación máxima se obtendrá una potencia de 200 W, al tener una irradiación media se obtendrá una potencia de 141.3 W y al tener una irradiación mínima se obtendrá una potencia de 80 W.

#### 4.2.2 Curvas resultantes I – V y P – V de acuerdo a la variación de la temperatura.

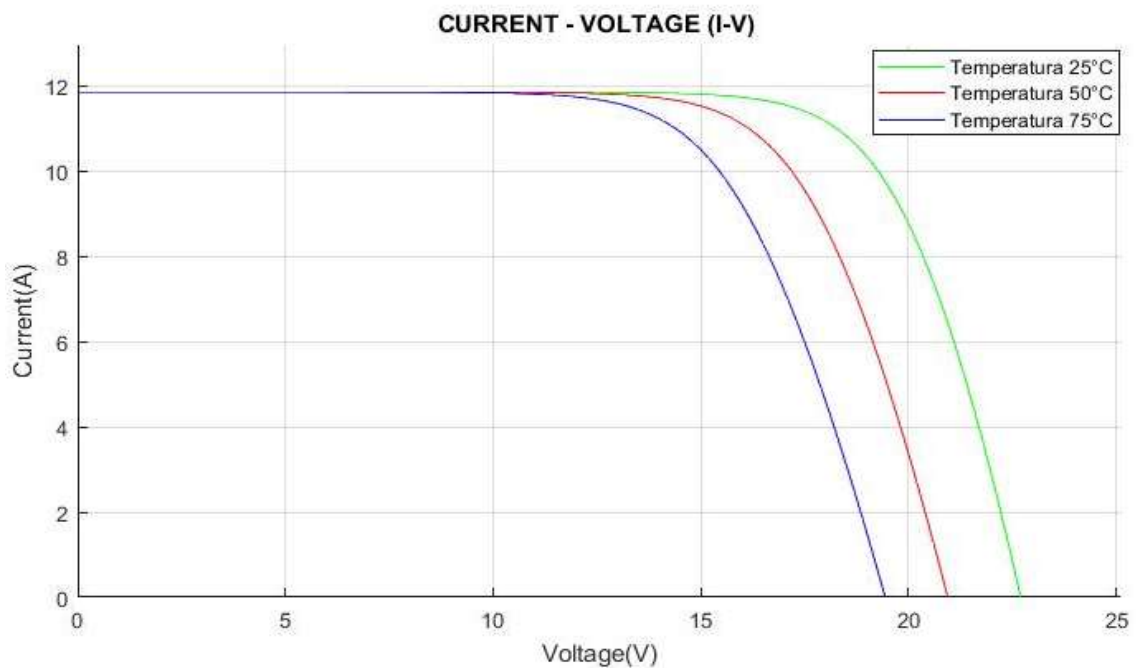


Fig. 69. Curva resultante I – V con la variación de la temperatura

Fuente: Autora

La temperatura es uno de los factores que afectan principalmente a la tensión, pero de forma inversa, es decir a medida que la temperatura incrementa la tensión disminuye, como podemos observar en la Fig.69 se encuentra representado la curva I-V con la variación de la temperatura, el valor de la corriente  $I_{sc}$  de 11.86 A se mantiene en los diferentes cambios de temperatura en cuenta a la tensión va a variar, al tener una temperatura de 25°C obtendremos un voltaje  $V_{oc}$  de 22.7 V, con una temperatura de 50°C se tendrá un voltaje  $V_{oc}$  de 20.9 V y con una temperatura de 75°C el voltaje  $V_{oc}$  será 19.4 V.

De igual manera en la curva P-V se puede observar una variación en la tensión la cual influye directamente en la potencia máxima generada, debido a que al reducirse el voltaje generado la potencia se reducirá.

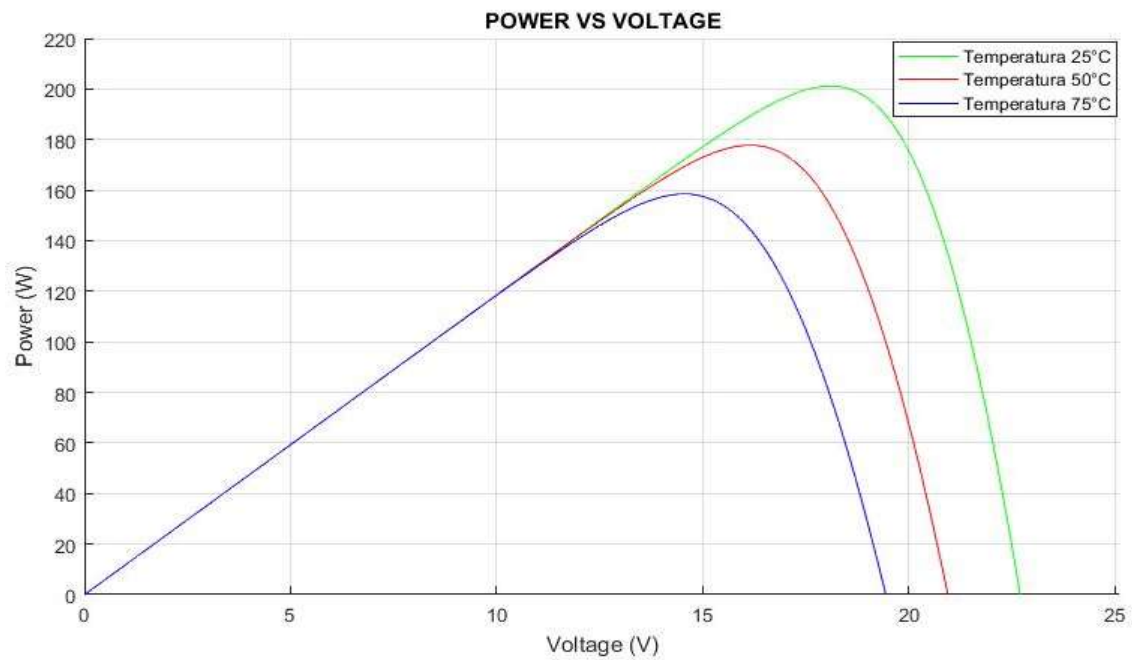


Fig. 70. Curva resultante P – V con la variación de la temperatura

Fuente: Autora

De acuerdo a las simulaciones realizadas se determina que los módulos fotovoltaicos tienen un mayor rendimiento en climas fríos y soleados, más que en climas cálidos y soleados.

#### 4.3 Modelado matemático del sistema de baterías

En la Fig. 71. se puede observar el diagrama de bloques de la batería, realizado en el software Simulink la misma que al ser simulada nos da el resultado de la carga y descarga de la batería SOC. (Wang, Li, Shi, & Song, 2021)

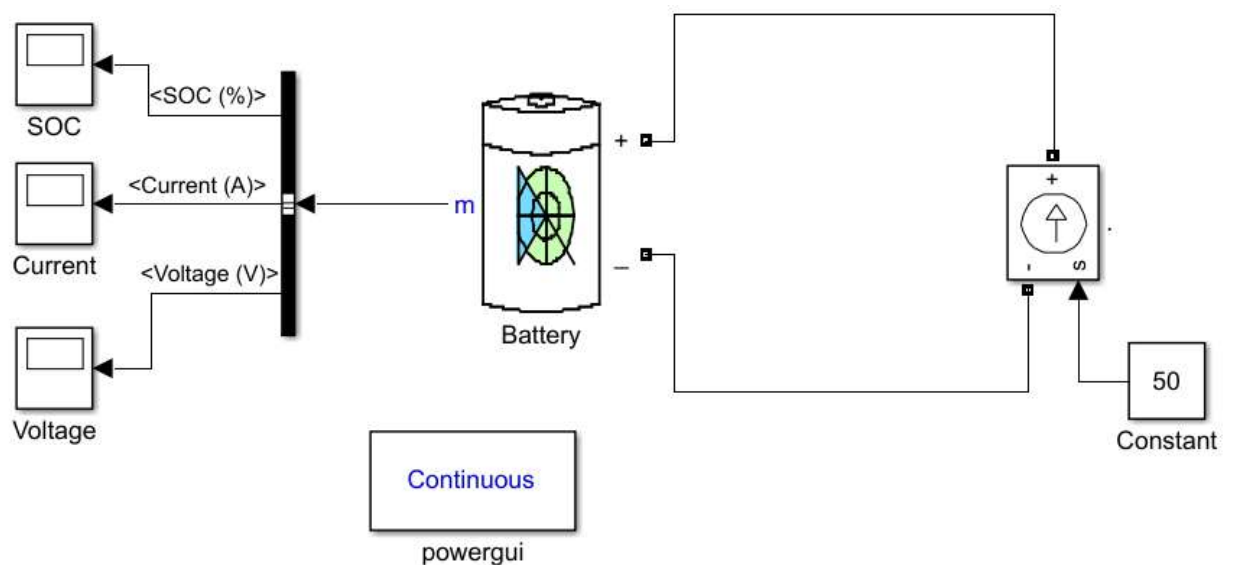


Fig. 71. Diagramada de bloques del modelado de una batería

Fuente: Autora

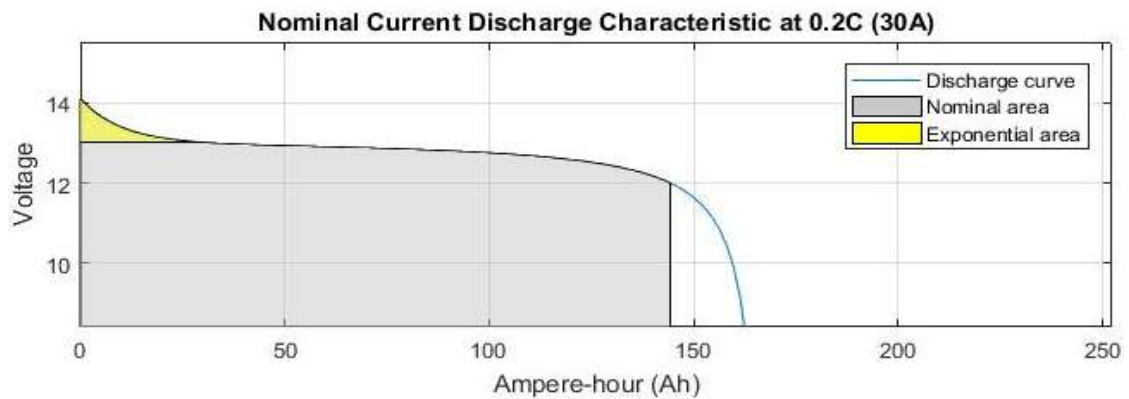


Fig. 72. Curva característica de descarga de una batería de 150 Ah

Fuente: Autora

La Fig.72. representa la curva característica de descarga de una batería la misma que está dividida en tres secciones.

**Discharge curve:** Representa la curva de descarga de la batería, la misma que se caracteriza por la disminución progresiva del voltaje.

**Nominal area:** Representa la carga que se puede consumir de la batería a tensión nominal, hasta que la tensión cae por debajo de la tensión nominal.

**Exponential area:** Es el área de tensión exponencial obtenida cuando la batería está completamente cargada.

#### 4.3.1 Simulación de estado de carga (SOC) de la batería

El estado de carga (SOC) de una batería es uno de los parámetros más importantes, debido a que nos permite conocer la cantidad porcentual de energía almacenada, la misma que se define en relación entre la capacidad actual ( $C_t$ ) y la capacidad nominal ( $C_n$ ). La capacidad nominal es proporcionada por el fabricante la misma que representa la cantidad máxima de almacenamiento en la batería. (Jurado, Tostado - Véliz, & Icaza - Alvarez, 2021)

$$SOC = \frac{C_t}{C_n} \quad (65)$$

El SOC de una batería en un tiempo determinado se lo puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$\%SOC_t = \left( \frac{I_{carga} * t * 100\%}{C_{Batería}} \right) + \%SOC_{40\%} \quad (66)$$

Donde:

$\%SOC_t$  = Porcentaje de carga de la batería (%)

$t$  = Tiempo de estado de carga (horas)

$I_{carga}$ =Corriente de carga de la batería (A)

$C_{Batería}$ =Capacidad de la batería

$\%SOC_{40\%}$ =Porcentaje de carga que conserva la batería

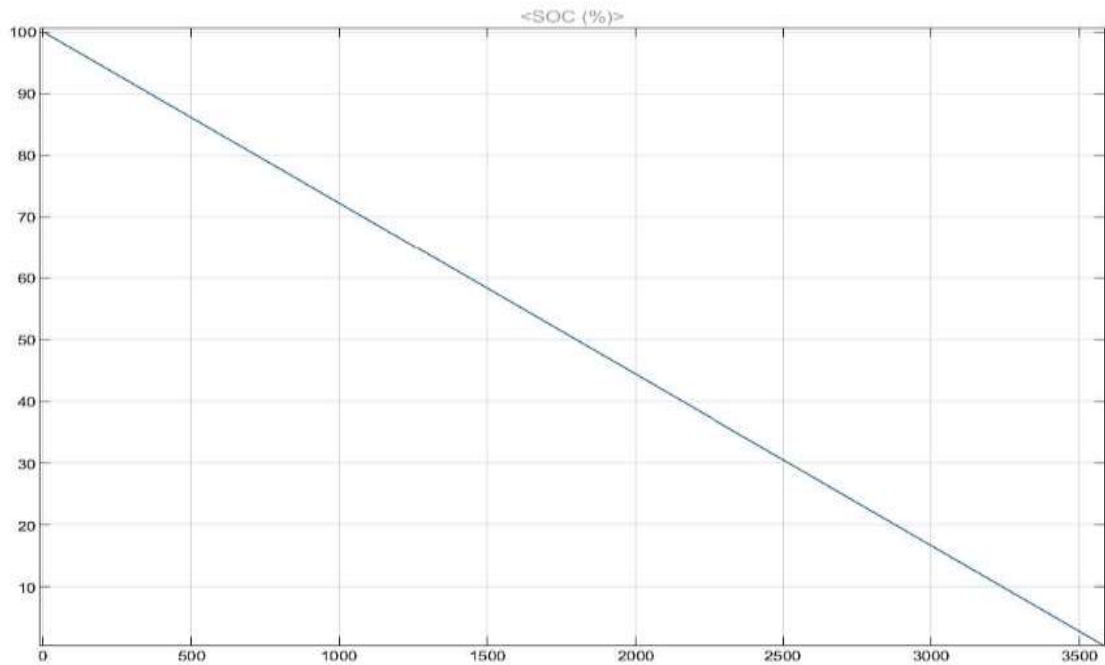


Fig. 73. Curva característica SOC de una batería

Fuente: Autora

En la Fig.73 se representa la curva de SOC de la batería en un lapso de tiempo de 3600 segundos, donde pasa del 100% al 0% de la carga total.

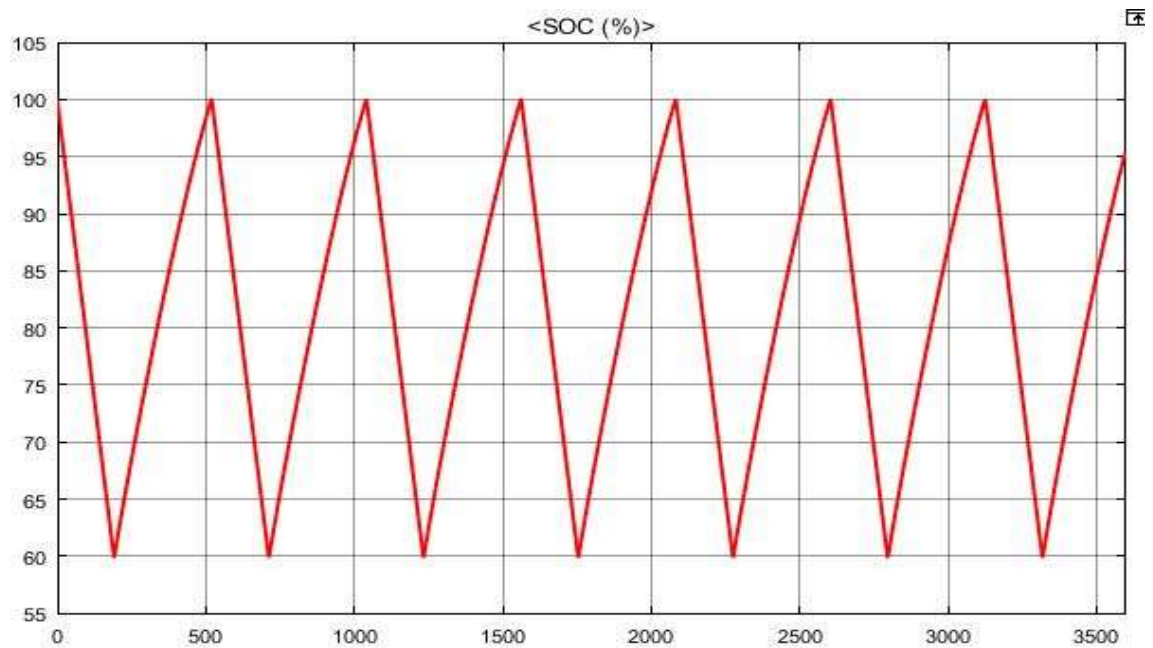


Fig. 74. Curva resultante del estado de carga SOC

Fuente: Autora

Para optimizar la vida útil de una batería la misma no deberá ser descargada al 100% es por ello que el fabricante proporcionará los datos específicos del nivel de descarga ideal para la batería, la misma que se encuentra interpretada en la Fig. 74 en la cual al alcanzar una profundidad de descarga del 60% la batería vuelve a ser cargada.

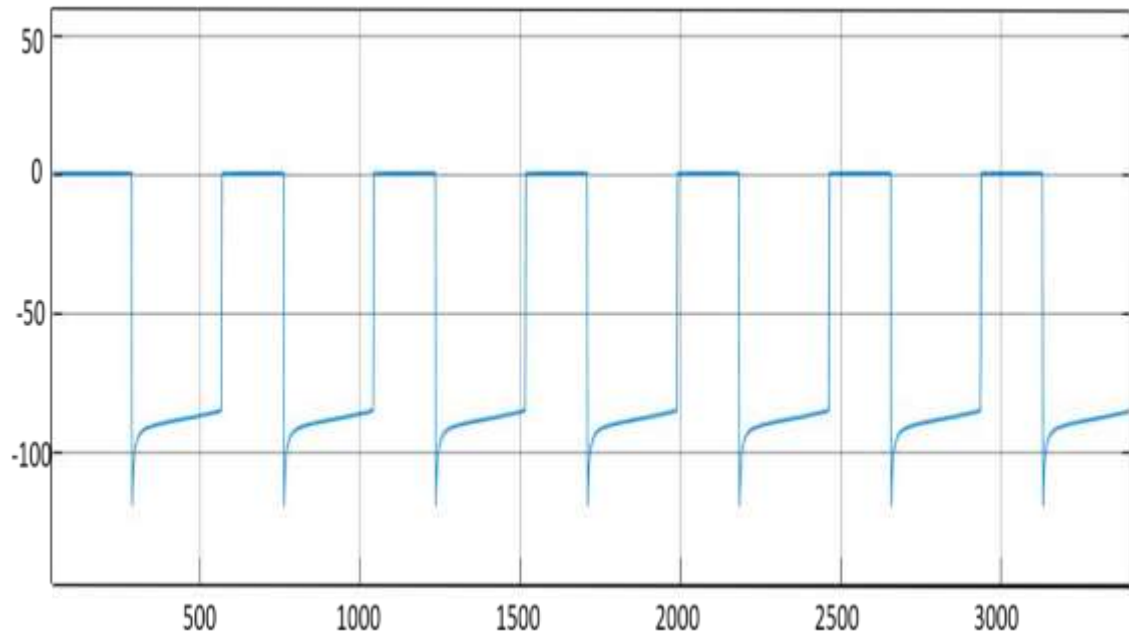


Fig. 75. Corriente de la batería

Fuente: Autora

La curva de la corriente y el voltaje de la batería depende de la resistencia interna de la misma, la cual regula la cantidad de corriente que puede entregar la batería.

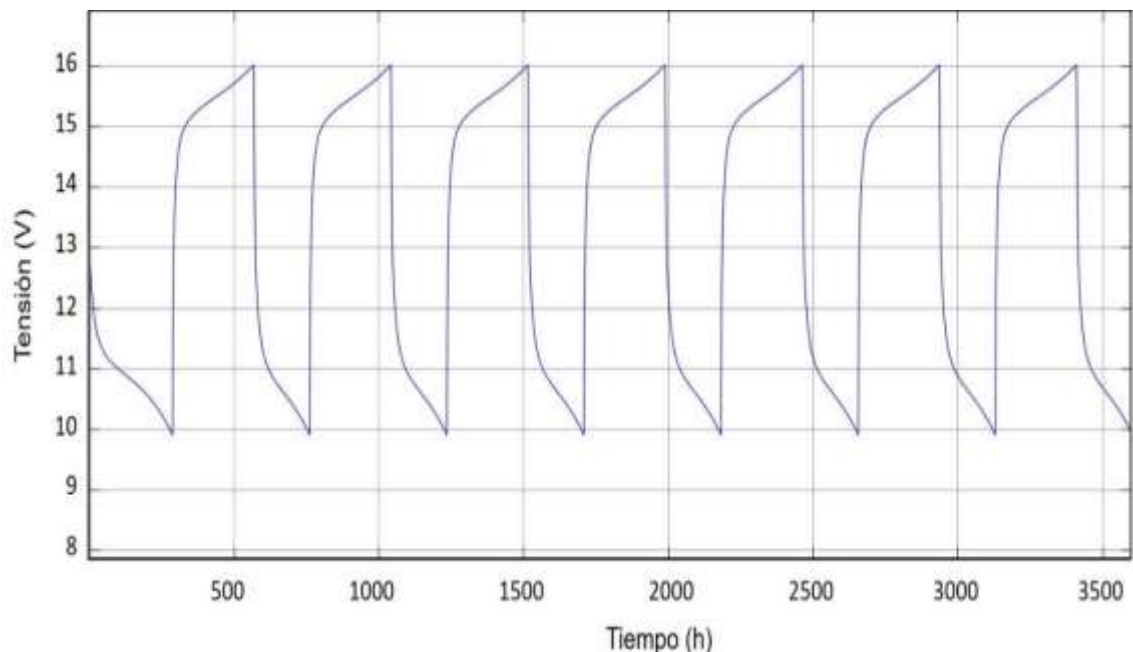


Fig. 76. Tensión de la batería

Fuente: Autora

En la Fig.76. se puede observar cómo se comporta la tensión de una batería durante el proceso de carga y descarga de la misma, durante el proceso de carga la tensión tiende a incrementar, así como también la densidad del ácido, al existir una sobrecarga de la batería se produce el proceso irreversible de hidrólisis en el medio ácido. En el proceso de descarga de la batería la tensión disminuye progresivamente y la densidad de electrolito.

#### 4.4 Resultado experimental del sistema fotovoltaico del negocio “Mobile - Juice”

Las curvas obtenidas en las simulaciones se muestran en la Fig. 77 en la cual se puede observar la curva característica de la carga durante el día, la curva de la energía generada por conjunto de módulos fotovoltaicos y la curva de carga y descarga del banco de baterías SOC.

De acuerdo a las curvas resultantes la energía generada por el conjunto de módulos fotovoltaicos cubre en su totalidad la demanda energética del negocio "Mobile - Juice" y el exceso de energía es almacenada en el conjunto de baterías, las mismas que al estar descargadas en un 60% se cargan progresivamente durante el día hasta un 100% para posteriormente ser utilizadas para cubrir la demanda del sistema.

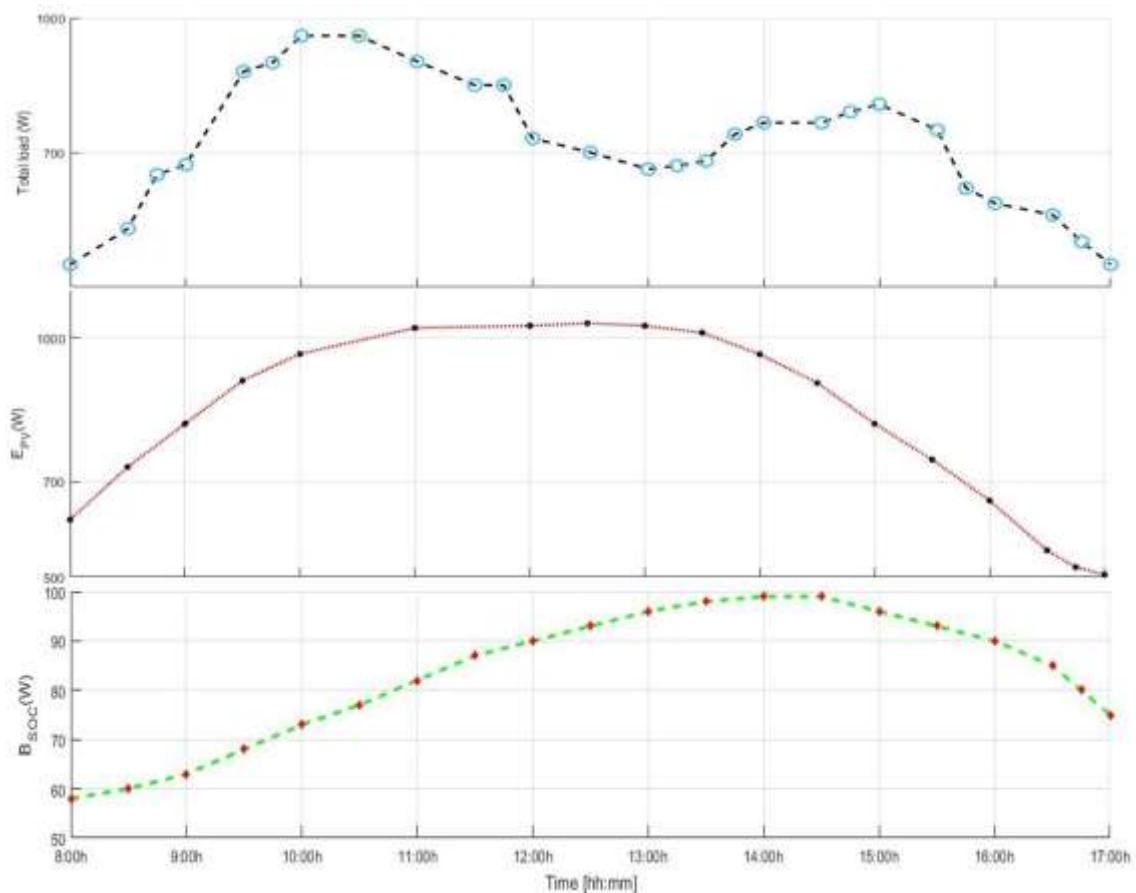


Fig. 77. Curvas resultantes de la carga, energía generada PV y del SOC de la batería durante el día

Fuente: Autora

La demanda máxima generada diariamente por el sistema es de 960 W a las 10:00 horas, teniendo un 75% de energía almacenada en el banco de baterías y una energía generada de 970 W, siendo el 1.3 kW la energía máxima generada por el sistema solar fotovoltaico.

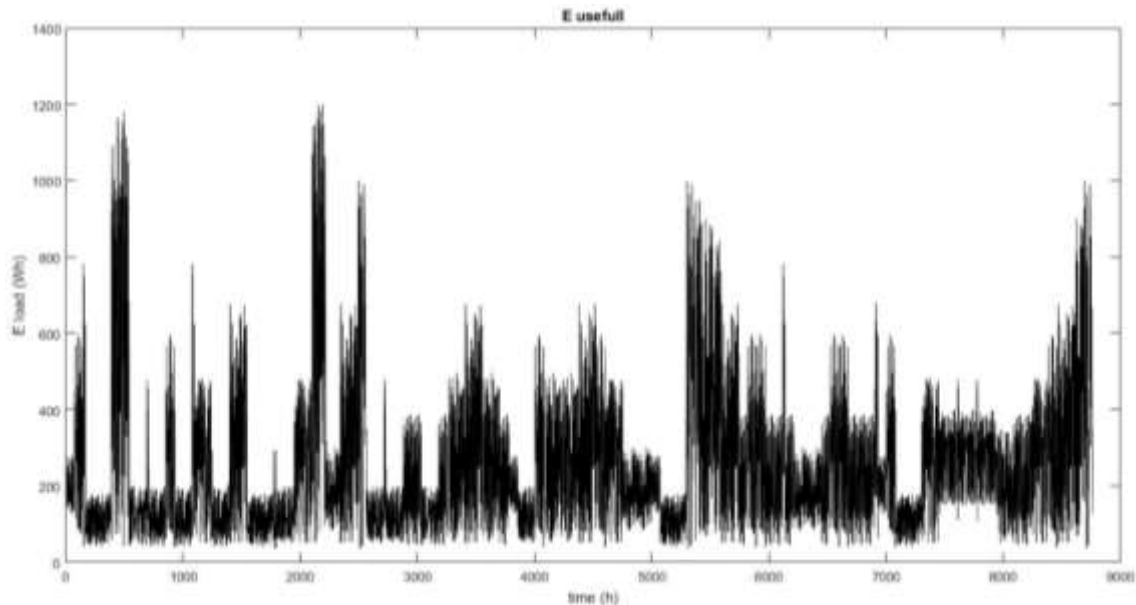


Fig. 78. Simulación de la demanda energética anual del negocio “Mobile -Juice”

Fuente: Autora

La demanda energética del negocio “Mobile – Juice” variará debido a que no siempre se tendrá el mismo consumo energético durante los días del año, existirán días en los cuales la demanda energética alcanzará el punto máximo de consumo, así como también días con un bajo consumo energético.

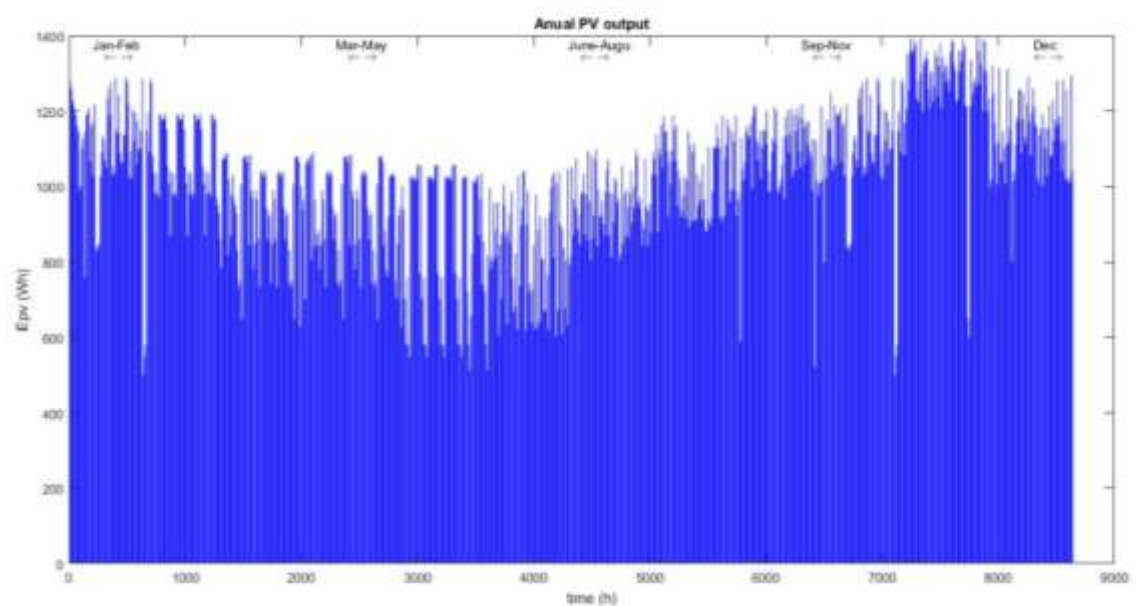


Fig. 79. Simulación del flujo de energía generada anualmente por el sistema fotovoltaico

Fuente: Autora

En la Fig.79 se encuentra simulado la energía generada por el sistema solar fotovoltaico durante un año, en la cual podemos observar que el sistema fotovoltaico cubre la demanda energética del negocio “Mobile – Juice” hasta en el mes de menor irradiación solar como es el mes de Junio, además se puede observar un pico máximo de generación de energía en el mes de Noviembre.

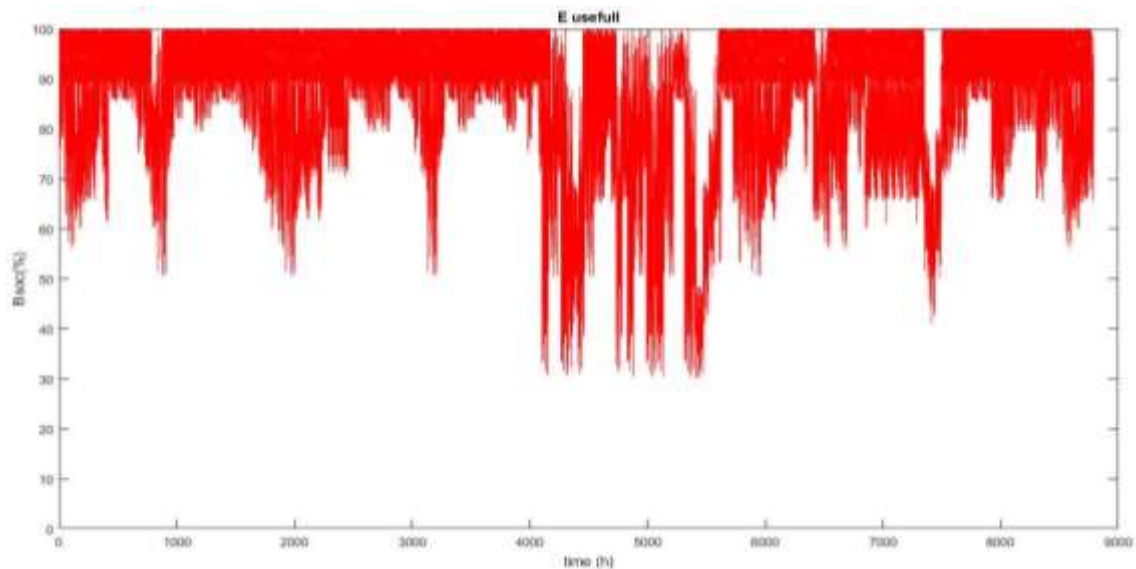


Fig. 80. Simulación de carga y descarga de la batería durante el año

Fuente: Autora

Mediante la simulación de carga y descarga de la batería podemos observar que el banco de baterías en los primeros meses del año tiene una descarga en los rangos permisibles por el fabricante, así como también se puede observar que en el mes de menor irradiación solar su descarga es mayor debido a que se debe cubrir un grado de demanda energética con el sistema de baterías.

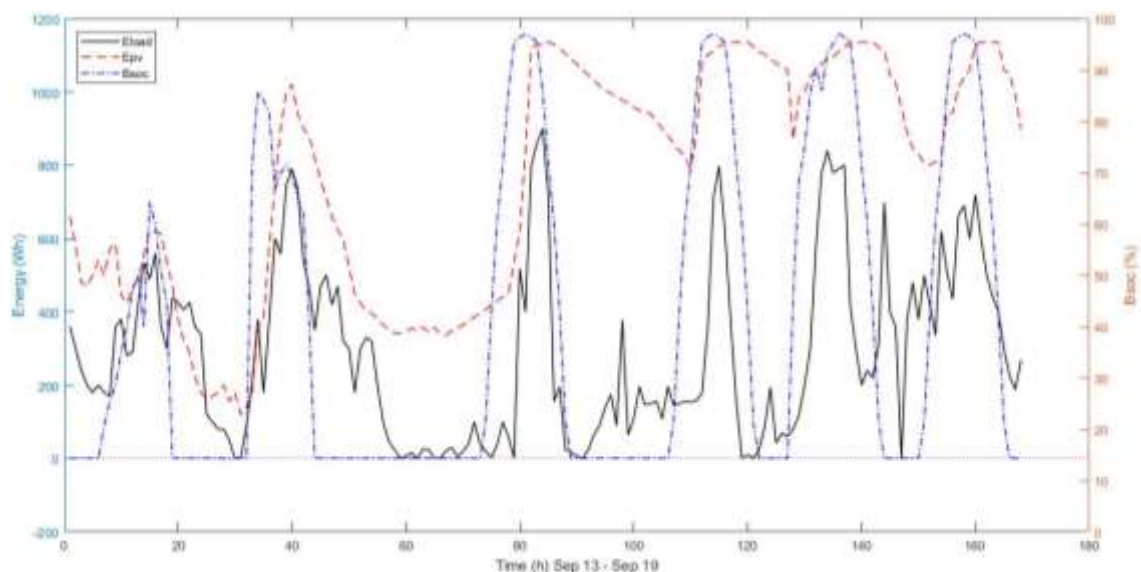


Fig. 81. Curvas resultantes de la carga, generación de energía PV y el SOC en el mes de Septiembre

Fuente: Autora

## CAPITULO 5

### 5 DISEÑO ESTRUCTURAL EN 3D (AUTOCAD), ANÁLISIS ECONÓMICO Y TABULACIÓN DE DATOS OBTENIDOS

#### 5.1 Diseño estructural en 3D (AutoCAD) del negocio (Mobile – Juice)

Para el diseño arquitectónico de esta propuesta se tomó como criterio la movilización, el dimensionamiento e innovación del negocio móvil para la venta de jugos “Mobile – Juice”, con la finalidad de causar un impacto positivo a la sociedad, logrando de esta manera atraer a turistas y habitantes del lugar.

El mismo que tendrá la facilidad de instalar en su interior artefactos eléctricos, así como también con la capacidad de que la persona ingrese a su interior sin ningún inconveniente.

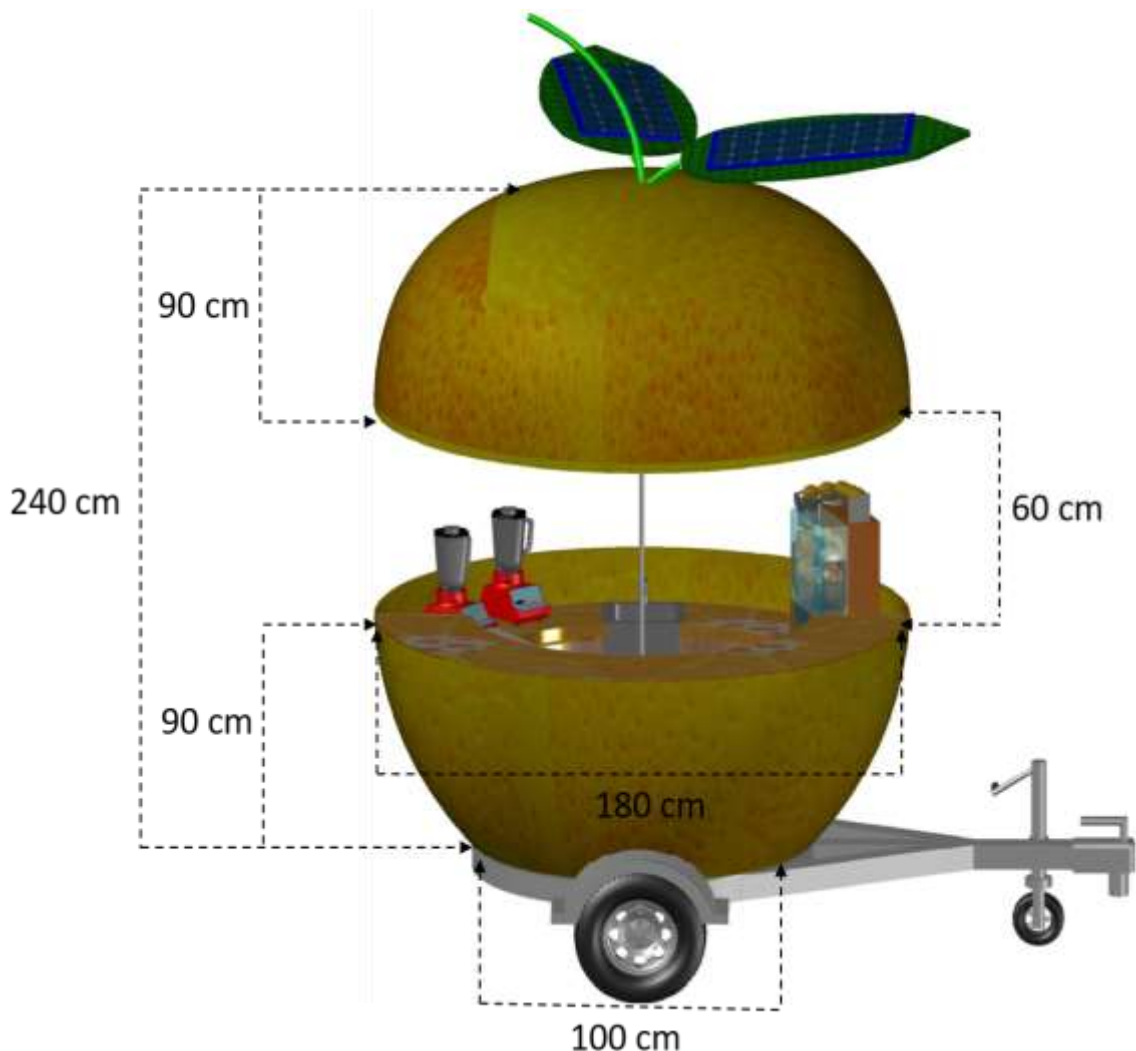


Fig. 82. Diseño estructural en 3D (AutoCAD) del negocio móvil para la venta de jugos (Mobile – Juice)

Fuente: Autora

En el diseño se plasma la arquitectura de una naranja debido a que representa uno de los frutos más consumidos en la ciudad y del país, este diseño tiene la ventaja de separarse en dos medias naranjas al momento de que se vaya a efectuar la venta de los jugos y al finalizar la venta puede regresar a su estado inicial tomando la forma de una naranja completa, con esta facilidad no se requiere que los electrodomésticos sean retirados al finalizar las ventas dado que todo quedará al interior del mismo.

El diseño realizado del negocio “Mobile – Juice” tiene una altura de 2,40 metros cuando el negocio se encuentra abierto y un ancho de 1,80 metros, para la apertura y cierre del negocio cuenta con una manivela manual la cual se encuentra al interior del mismo, al girar la manivela elevará o bajará la parte superior de acuerdo a la dirección en la que se gire.

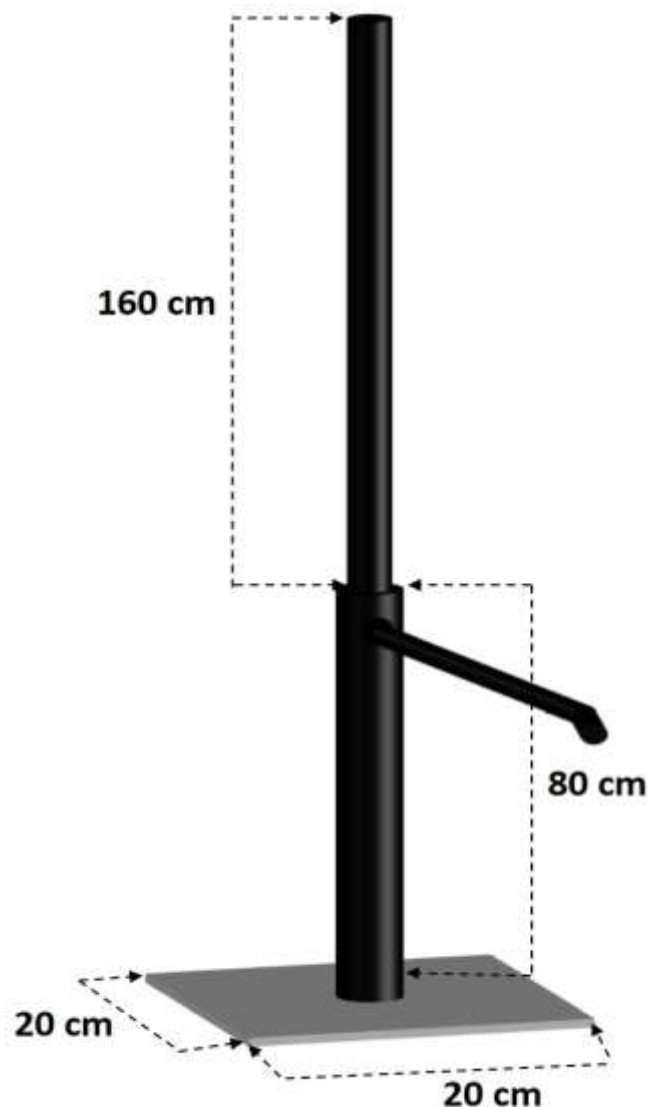


Fig. 83. Diseño estructural de la manivela en AutoCAD

Fuente: Autora

La separación entre la parte inferior y superior del negocio móvil para la venta de jugos “Mobile Juice es de 60 centímetros, cuenta además con una puerta en la parte posterior para un fácil ingreso y salida del comerciante, cabe recalcar que para diseñar el negocio móvil para la venta de jugos “Mobile – Juice” con estas características se tomó en cuenta la comodidad del comerciante y del cliente a la hora de ejecutar la actividad comercial.

#### 5.1.1 Parte externa del negocio (Mobile – Juice).

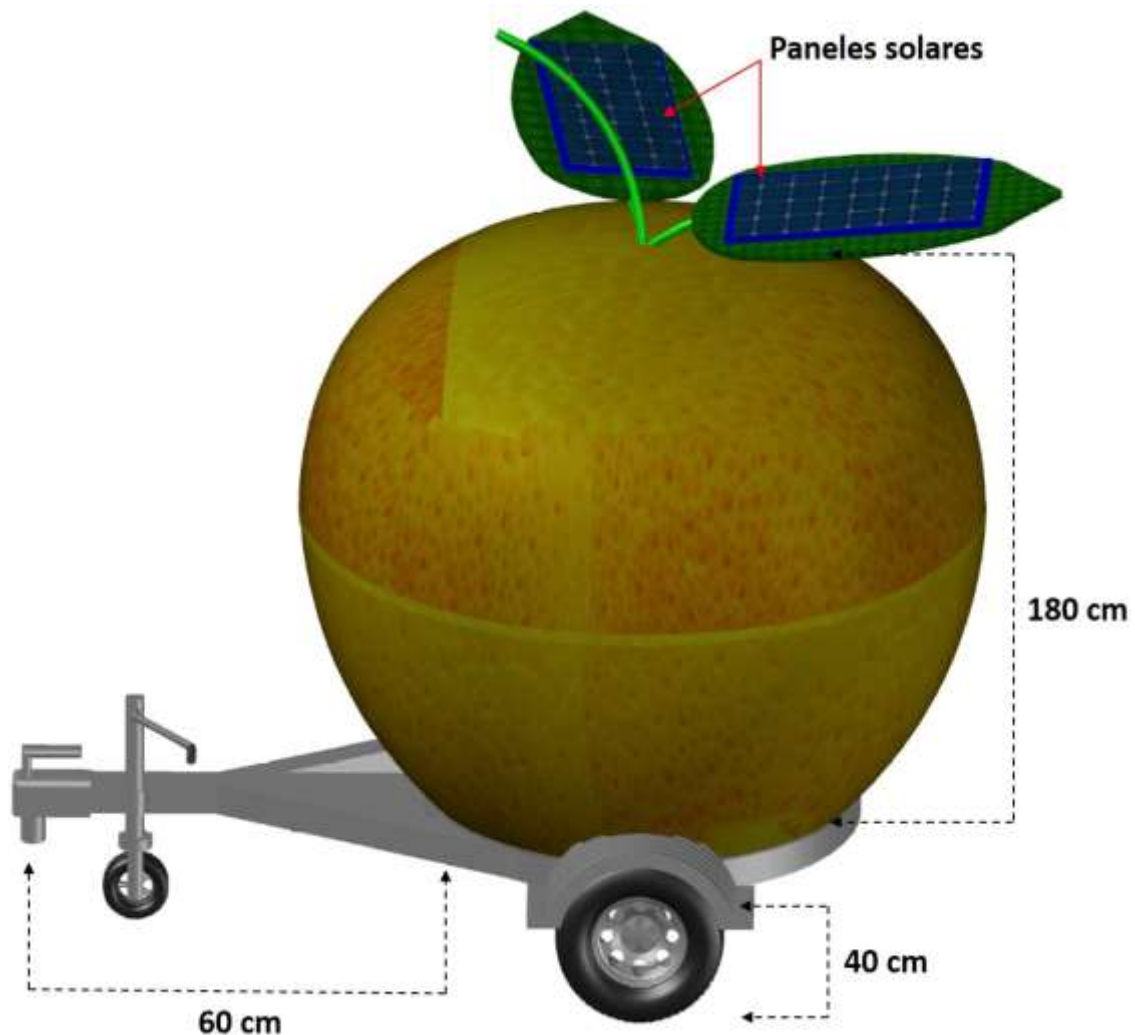


Fig. 84. Parte externa del negocio (Mobile – Juice)

Fuente: Autora

Las dimensiones del negocio “Mobile – Juice” son las siguientes 1.80 metros de alto y 1.80 metros de ancho cuando se encuentra cerrado, además de ello cuenta con un remolque diseñado especialmente para el traslado del negocio, el mismo que tiene una dimensión de 2 metros de largo contando con dos ruedas traseras de un diámetro de 30.6 centímetros.

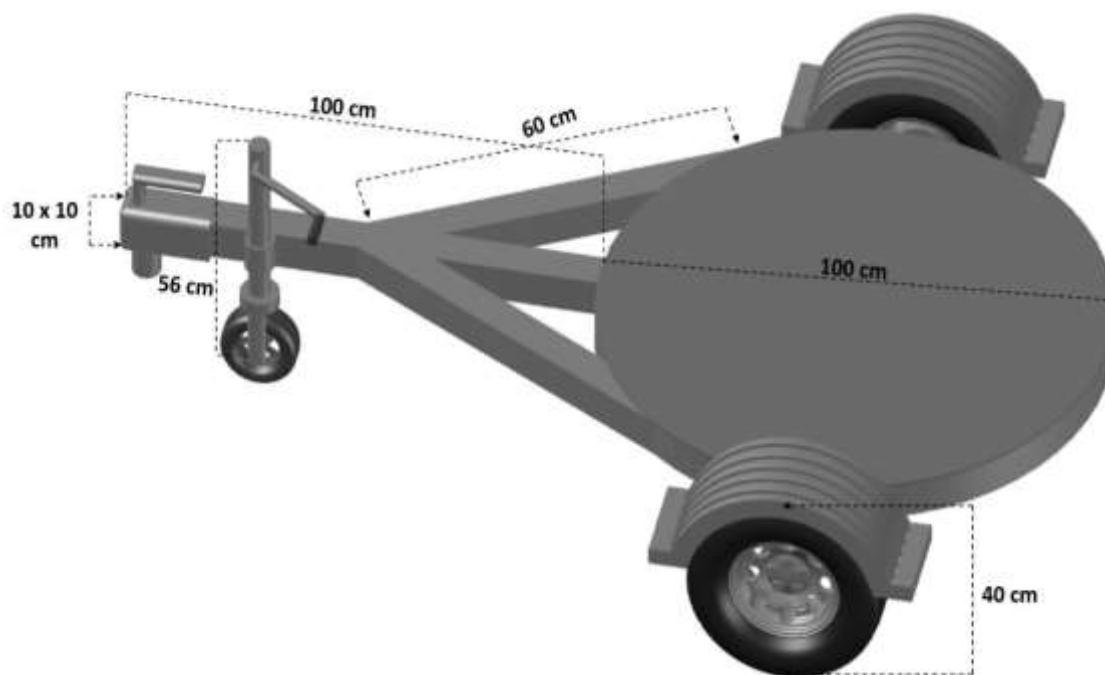


Fig. 85. Diseño estructural del remolque en AutoCAD

Fuente: Autora

Otro de los parámetros que se tomó en cuenta para realizar este diseño es la parte estética del negocio “Mobile – Juice” debido a que esto es lo primero que verá resaltado en el mismo, es por ello que se optó por una textura semejante a la de una naranja, además de ello en la parte superior se colocó hojas y tallos los mismos que brindarán soporte a los módulos fotovoltaicos.

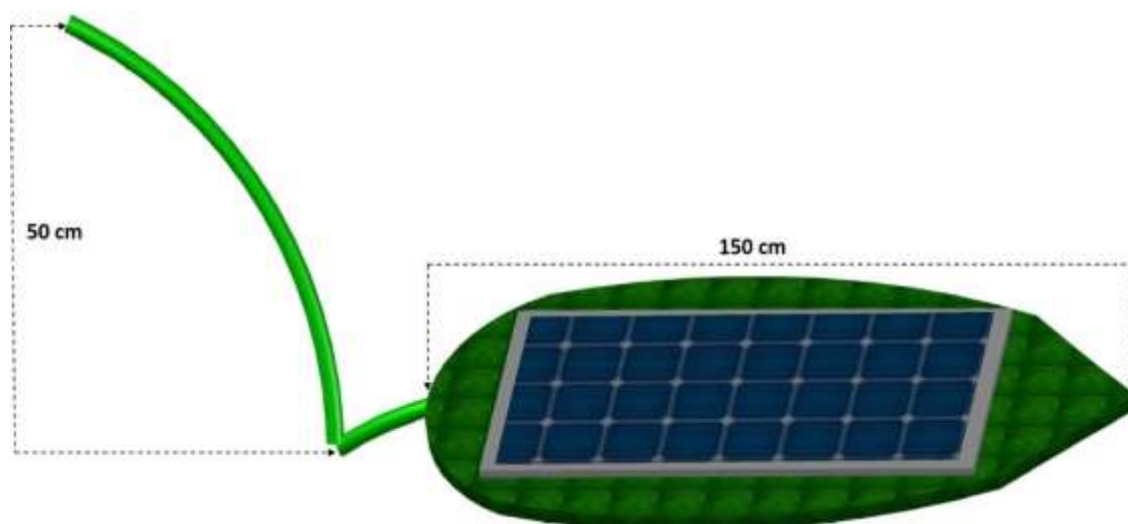


Fig. 86. Diseño estructural de la hoja y tallo

Fuente: Autora

En la Fig. 87 se encuentra diseñado la parte superior del negocio “Mobile – Juice” con las siguientes dimensiones 1.80 metros de ancho y 90 centímetros de alto.

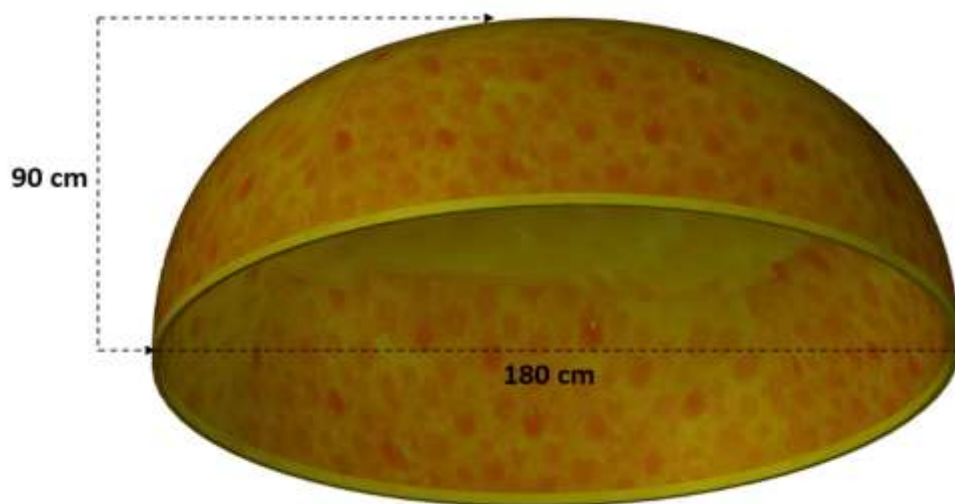


Fig. 87. Diseño estructural de la parte superior del negocio "Mobile – Juice"

Fuente: Autora

#### 5.1.1 Parte interna del negocio (Mobile – Juice).

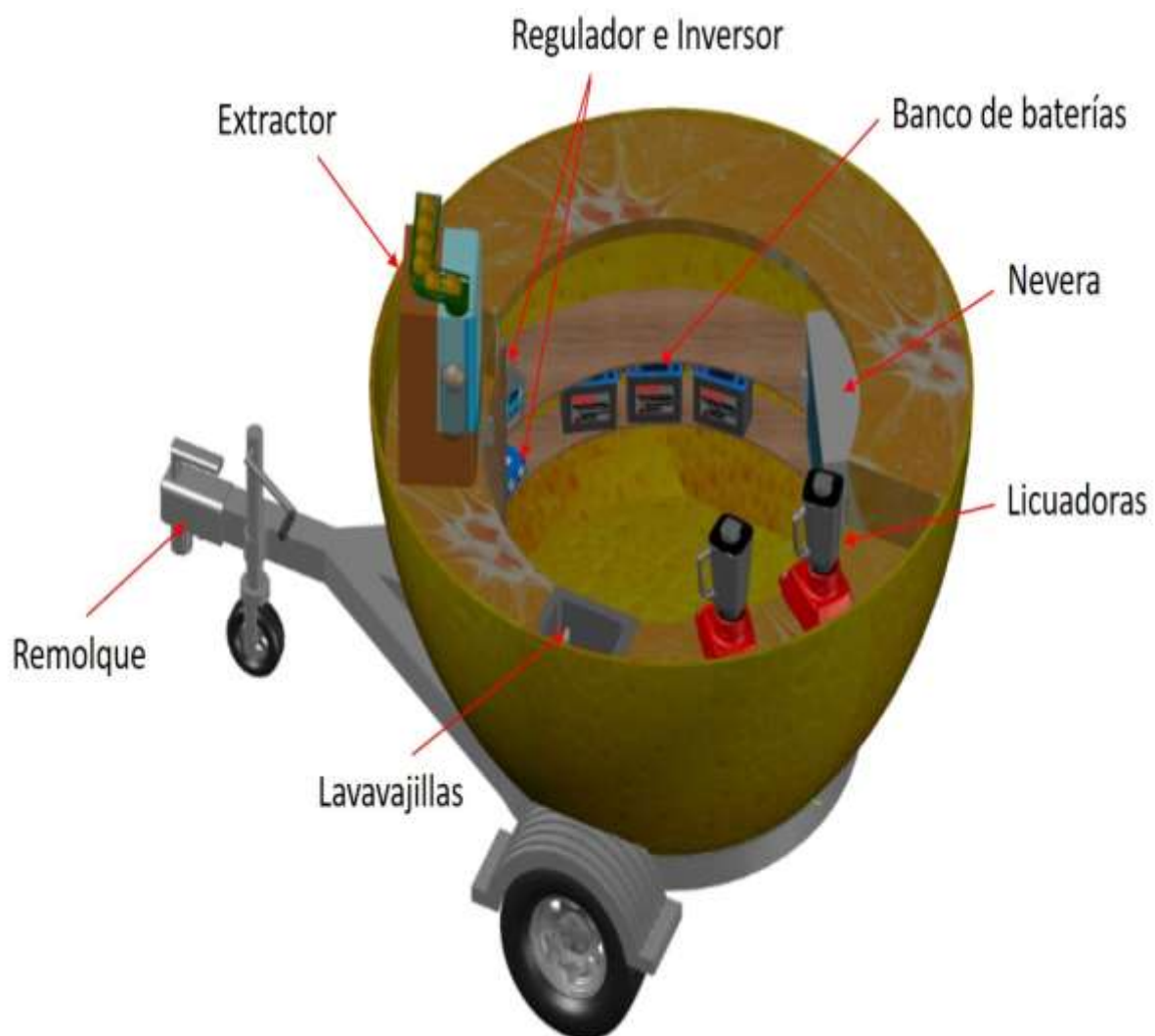


Fig. 88. Parte interna del negocio (Mobile – Juice)

Fuente: Autora

La parte interna está diseñada para brindar la facilidad al comerciante de acoplar los diferentes artefactos eléctricos que requiera, así como también cuenta con muebles incorporados en la estructura para el almacenamiento de diferentes objetos o utensilios, al interior del mueble en la parte frontal del negocio “Mobile – Juice” se encuentran instalados los diferentes equipos del sistema fotovoltaico aislado (banco de baterías, regulador e inversor), otra de las características del diseño es que cuenta con un lavavajillas el cual es abastecido de agua mediante un botellón de agua y de la misma forma el agua utilizada es almacenada en otro botellón.

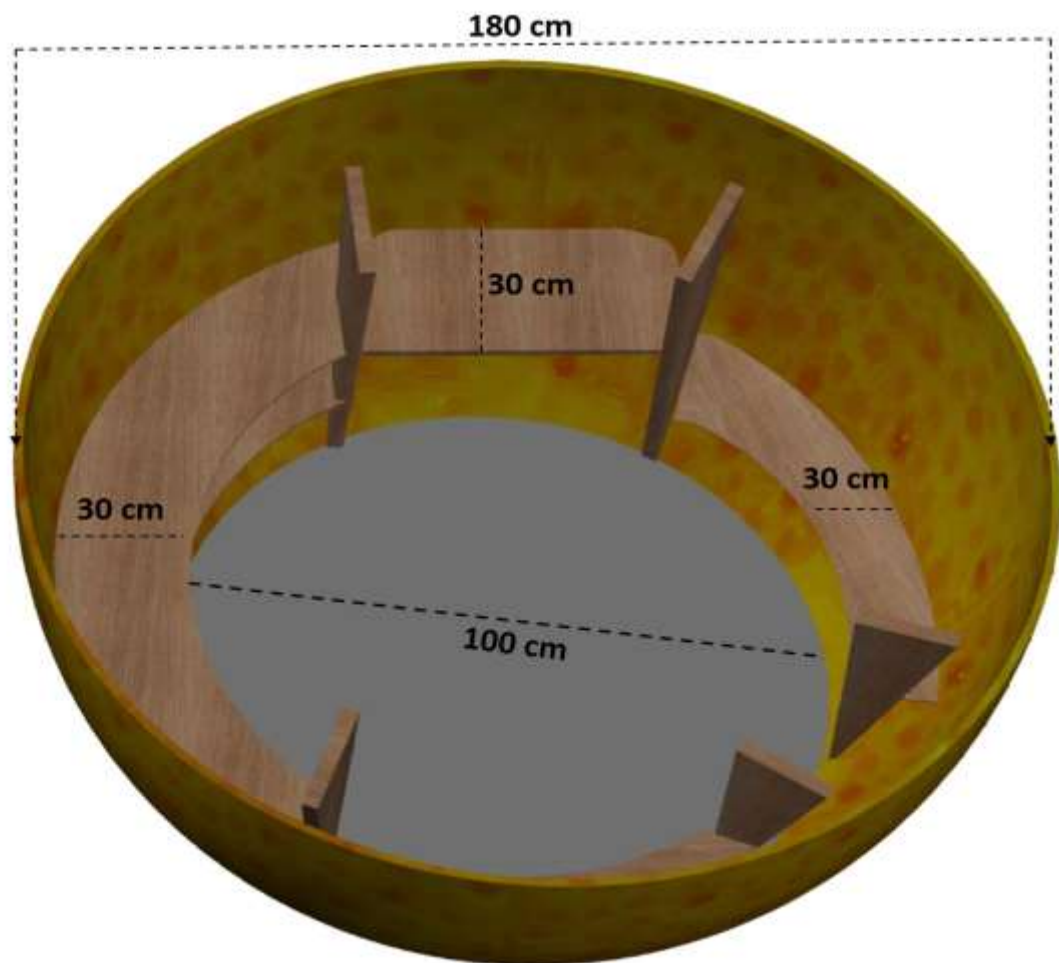


Fig. 89. Diseño estructural de la parte inferior del negocio “Mobile – Juice”

Fuente: Autora

El alto y ancho de la estructura inferior del negocio “Mobile – Juice” son iguales que la estructura superior, con la diferencia que la superficie es plana de un metro de diámetro, esto para brindar comodidad a la persona y de la misma forma para un mejor acoplamiento en el remolque, además de ello la parte interna del negocio “Mobile – Juice” cuenta con mesones de un ancho de 40cm.

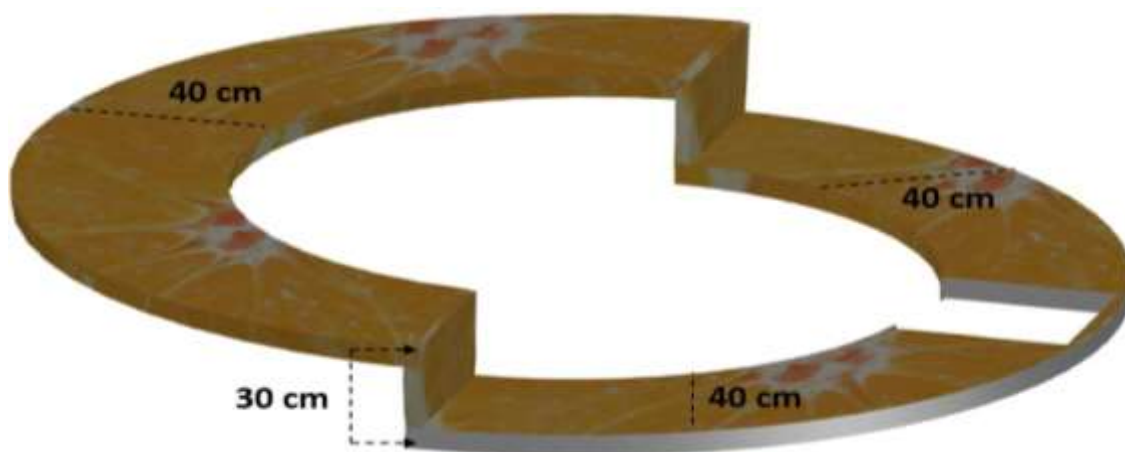


Fig. 90. Diseño estructural del mesón en AutoCAD

Fuente: Autora

### 5.1.2 Parte eléctrica del negocio (Mobile – Juice).

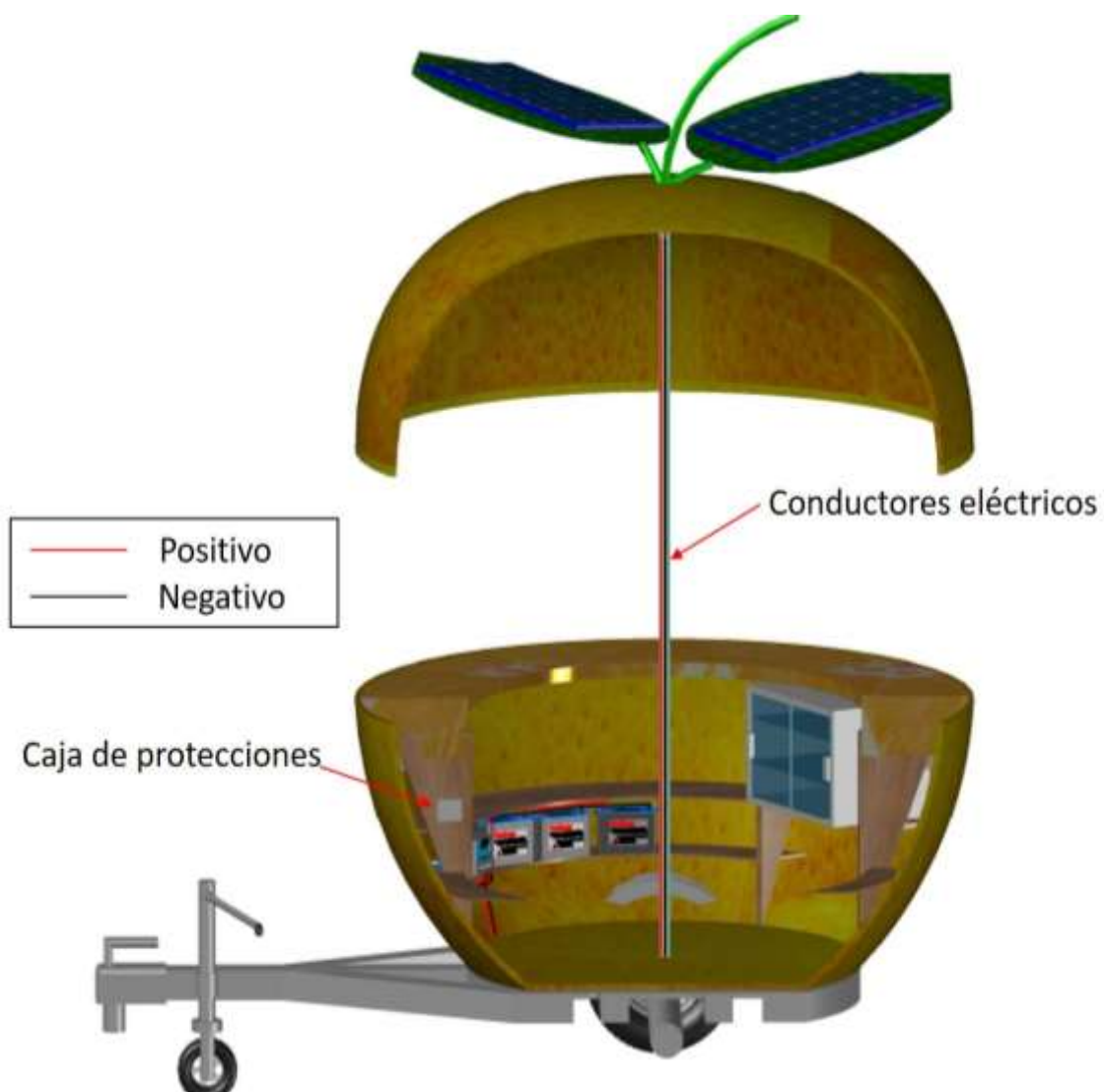


Fig. 91. Parte eléctrica del negocio "Mobile – Juice"

Fuente: Autora

En la Fig.91 se puede observar la instalación del sistema eléctrico del negocio “Mobile – Juice”, el mismo que parte del sistema de generación fotovoltaico hasta llegar al sistema de protecciones, para posteriormente ser distribuida hacia los diferentes electrodomésticos. Los conductores están instalados al interior del mástil, debido a que de esta manera los mismos estarán protegidos, siendo necesario dos conductores para la conexión del sistema los cuales se encuentran diferenciados el uno del otro por el color de su aislamiento.

## 5.2 Análisis económico

### 5.2.1 Inversión total del sistema solar fotovoltaico.

Para la realización del análisis económico del sistema se debe tomar en cuenta los equipos necesarios a implementar y el valor de cada uno de ellos, lo cual nos ayuda a determinar la inversión inicial necesaria.

Tabla 16. Costo total del sistema

| Costo total del sistema |                                        |              |                  |
|-------------------------|----------------------------------------|--------------|------------------|
| Cantidad                | Detalle                                | Costo c/u    | Sub. Total       |
| 2                       | Panel solar policristalino de 200W/12V | \$177,00     | \$354,00         |
| 3                       | Batería de 150Ah/12V                   | \$206,00     | \$618,00         |
| 1                       | Regulador                              | \$270,00     | \$270,00         |
| 1                       | Inversor                               | \$220,00     | \$220,00         |
|                         |                                        | <b>Total</b> | <b>\$1462,00</b> |

Fuente: Autora

### 5.2.2 Costo del consumo energético de la red de Distribución.

De acuerdo al pliego tarifario de la empresa eléctrica CentroSur el costo del consumo energético es de \$0.092 por el kWh, teniendo un consumo energético mensual de 166 kWh como se puede visualizar en la tabla 17.

Tabla 17. Costo mensual del consumo eléctrico

| Costo mensual del consumo eléctrico |     |          |          |
|-------------------------------------|-----|----------|----------|
| Días                                | kWh | USD/ kWh | Total    |
| 30                                  | 166 | \$ 0,092 | \$ 15,27 |

Fuente: Autora

### 5.2.3 Costo beneficio.

Para analizar el costo beneficio del sistema se toma en consideración la vida útil del sistema fotovoltaico y el valor mensual a cancelar a la empresa de distribución eléctrica, considerando que la carga mencionada estará conectada al 100% durante los 12 meses del año.

Tabla 18. Cálculo de la utilidad generada

| Tiempo de retorno de capital y utilidad generada |      |               |                   |             |
|--------------------------------------------------|------|---------------|-------------------|-------------|
| % Carga conectada                                |      | 100%          |                   |             |
| Fuente                                           | Años | Meses por año | Inversión por año | Subtotal    |
| E. fotovoltaica                                  | 20   | 12            | \$ 183,26         | \$ 3.665,28 |
| E. red eléctrica                                 | 8    | 12            | \$ 183,26         | \$ 1.466,11 |
| Costo de consumo energético en 20 años           |      |               |                   | \$ 3.665,28 |
| Costo total del sistema                          |      |               |                   | \$ 1.462,00 |
| Utilidad                                         |      |               |                   | \$ 2.203,28 |

Fuente: Autora

De acuerdo al análisis realizado el tiempo de retorno de capital será en los primeros 8 años, obteniendo una utilidad de \$2.203,28 en los 12 años posteriores hasta cumplir la vida útil del sistema.

### 5.3 Análisis ecológico

La energía solar fotovoltaica al ser una energía limpia y renovable contribuye a la mitigación del efecto invernadero debido a que por cada kWh de energía generada se evita la emisión de un kilo de CO<sub>2</sub>.

De acuerdo a los cálculos realizados la energía generada mensualmente por el sistema solar fotovoltaico evitará la emisión 166 kilos de CO<sub>2</sub> hacia la atmósfera, logrando de esta manera tener un negocio amigable con el medio ambiente.

### 5.4 Descripción del instrumento metodológico usado en las encuestas

El instrumento metodológico usado en esta investigación fue la encuesta, debido a que nos permite obtener información sistemáticamente de las personas encuestadas mediante preguntas diseñadas previamente para la obtención de una información específica.

Las encuestas son instrumentos de investigación descriptivas, ya que nos permiten recopilar información vertida por las personas sobre diversos temas planteados.

#### 5.4.1 Tabulación de datos obtenidos en la encuesta.

Para el análisis de aceptación del uso de energía solar fotovoltaica para la alimentación de un negocio móvil para la venta de jugos (Mobile-Juice) se realizó una encuesta a los diferentes ciudadanos que frecuentan los parques de la ciudad de Cuenca, obteniendo un total de 126 encuestados lo cual nos permite visualizar con mayor claridad el porcentaje de aceptación del proyecto. A continuación, se presenta los resultados obtenidos y el análisis realizado:

##### 1. Conoce sobre la energía renovable

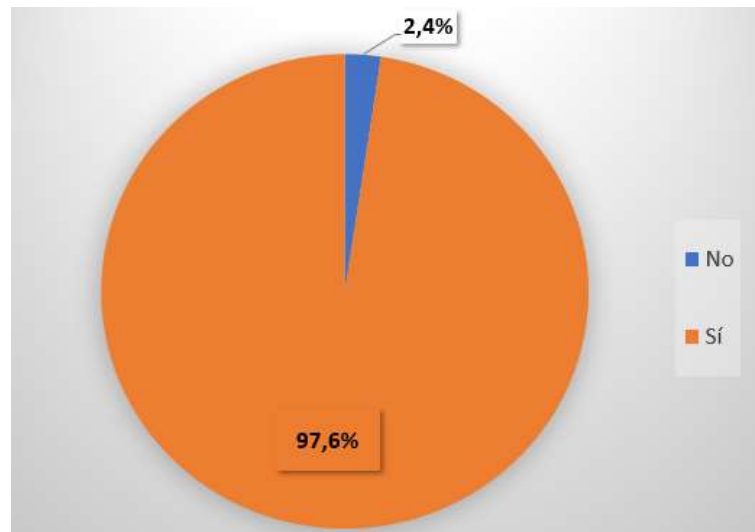


Fig. 92. Diagrama de pastel resultante sobre el conocimiento de la energía renovable

Fuente: Autora

De acuerdo a los datos resultantes, el 97,6% de los encuestados tiene conocimiento sobre la energía renovable.

##### 2. Considera que la implementación de energías renovables serían la solución para dar cobertura a los lugares donde no cuentan con energía eléctrica.

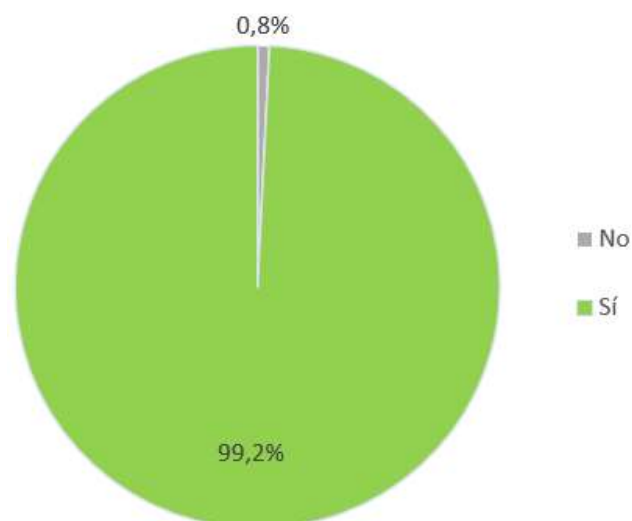


Fig. 93. Diagrama de pastel resultante sobre los beneficios del uso de la energía renovable

Fuente: Autora

El 99,2% de encuestados confirman que el uso de energías renovables son la solución para dar cobertura a los lugares donde no cuentan con energía eléctrica.

3. ¿Cuál es su opinión sobre la generación de electricidad a partir de fuentes de energías renovables?

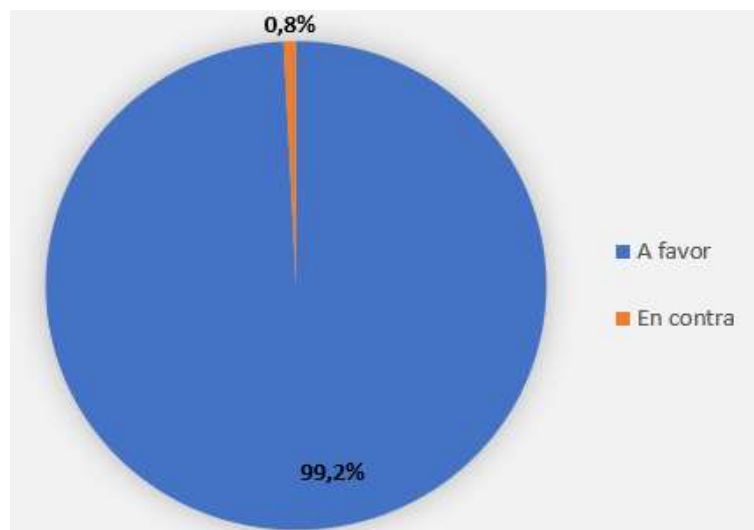


Fig. 94. Diagrama de pastel resultante sobre la aceptación de la generación de energía eléctrica mediante el uso de fuentes renovables

Fuente: Autora

En el diagrama de pastel resultante se puede apreciar que el 99,2% de los encuestados están a favor de la generación de energía eléctrica mediante uso de fuentes de energía renovable.

4. ¿Cree usted que las energías renovables constituyen nuestro futuro energético?

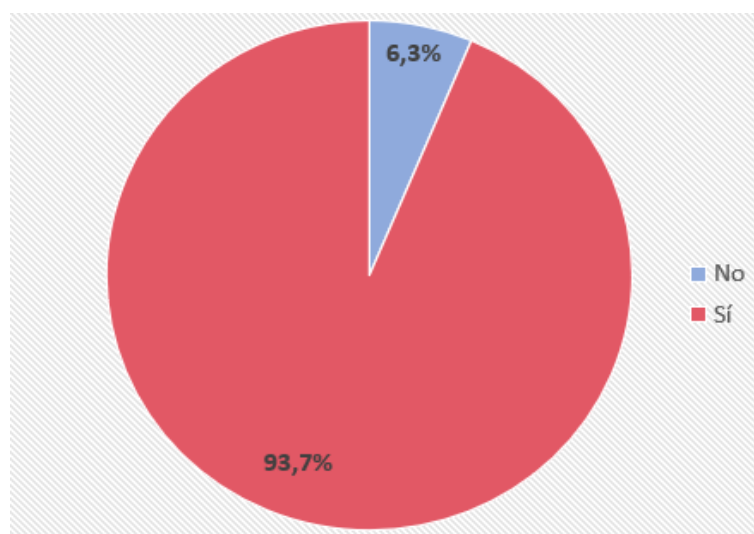


Fig. 95. Diagrama de pastel sobre la contribución de la energía renovable para el futuro energético

Fuente: Autora

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos el 93,7% de los encuestados afirman que las energías renovables constituyen nuestro futuro energético.

5. Ha escuchado hablar o tiene alguna información acerca de la energía solar fotovoltaica (paneles solares) para el abastecimiento de energía eléctrica.

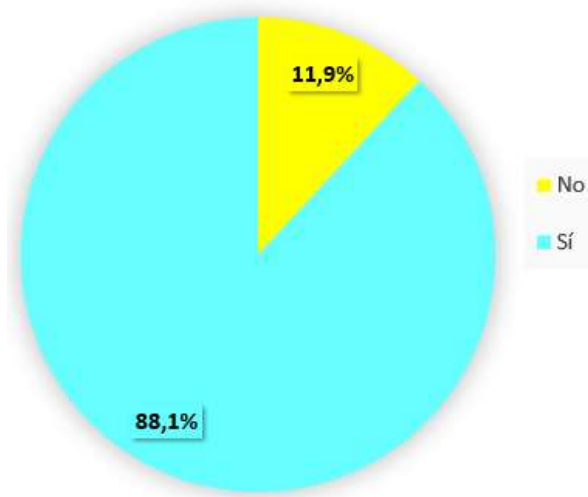


Fig. 96. Diagrama resultante sobre el conocimiento poseído acerca de energía solar fotovoltaica

Fuente: Autora

De acuerdo a los resultados obtenidos el 88,1% de los encuestados nos confirmó que si ha escuchado hablar o tiene alguna información acerca de la energía solar fotovoltaica (paneles solares) para el abastecimiento de energía eléctrica.

6. La información que tiene acerca de la energía solar está relacionada con:

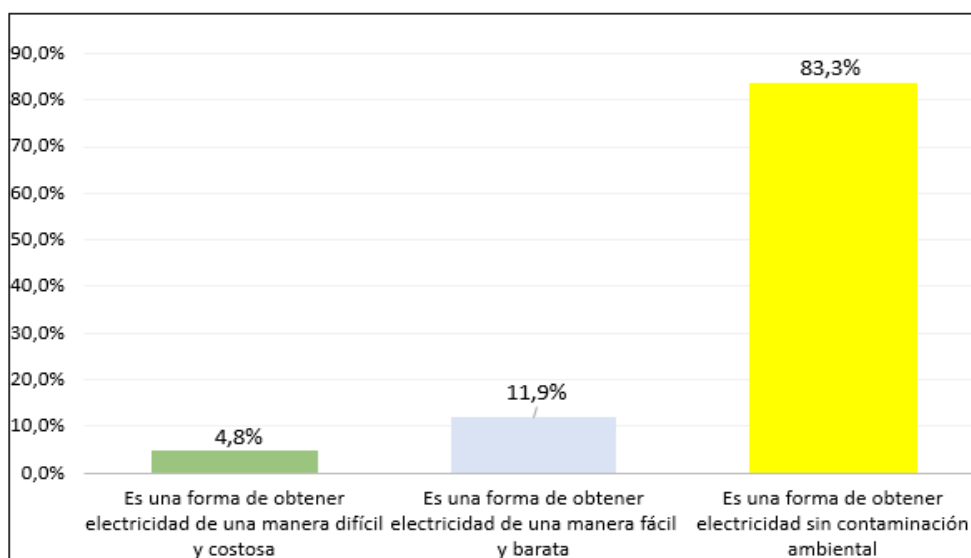


Fig. 97. Diagrama de barras resultante sobre el conocimiento de la energía solar

Fuente: Autora

Sobre la información que poseen los encuestados acerca de la energía solar, el 83,3% concluyó que es una forma de obtener electricidad sin contaminación ambiental, el 11,9% dedujo que es una forma de obtener electricidad de una manera fácil y barata.

7. ¿Conoce usted algún sistema o equipo que tenga implementado paneles solares fotovoltaicos?

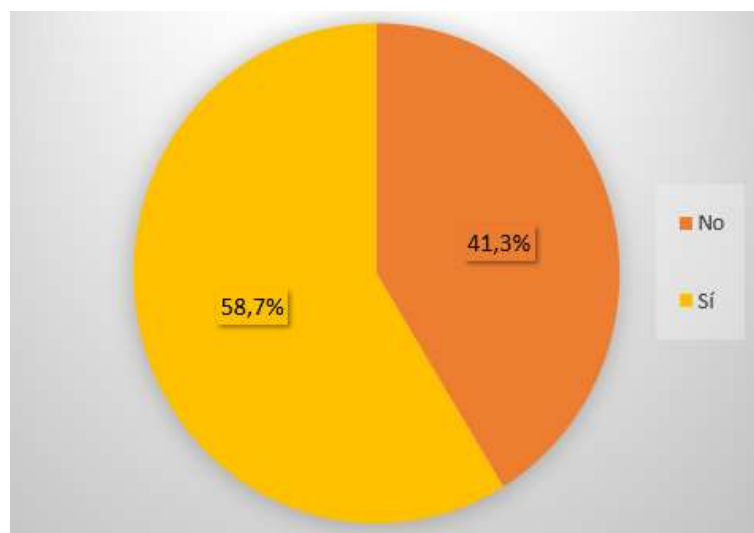


Fig. 98. Diagrama de pastel sobre el conocimiento de algún equipo o sistema que tenga paneles solares

Fuente: Autora

En el diagrama resultante se puede observar que el 58,7% de los encuestados si conoce de algún equipo o sistema que tengan paneles solares fotovoltaicos.

8. En su opinión, ¿Cuáles son los mayores obstáculos al desarrollo de la energía solar?

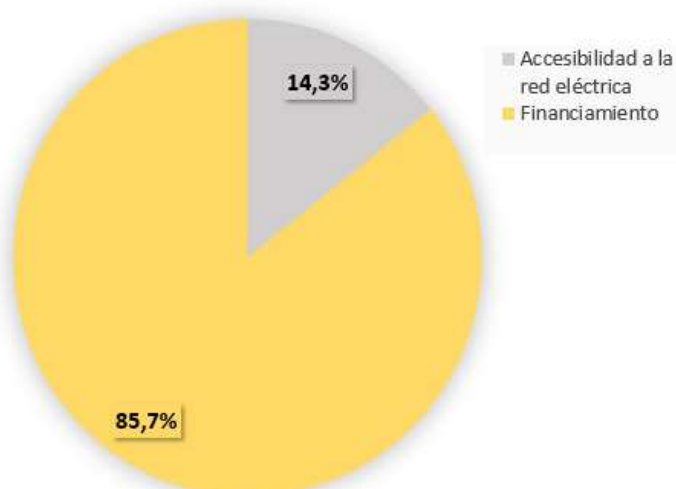


Fig. 99. Diagrama de pastel sobre los mayores obstáculos para el desarrollo de la energía solar

Fuente: Autora

De acuerdo a los resultados obtenidos el 85,7% de los encuestados respondió que el mayor obstáculo para el desarrollo de la energía solar es el financiamiento económico.

9. ¿Por qué no aceptaría la instalación de paneles solares o el uso de energía solar para obtener energía eléctrica?

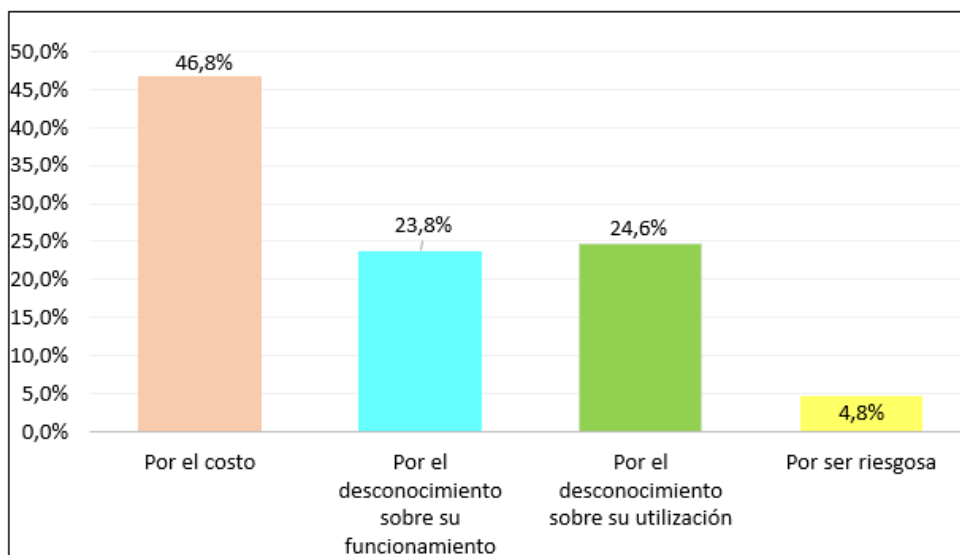


Fig. 100. Diagrama de barras sobre la aceptación del uso de energía solar para la generación de energía eléctrica

Fuente: Autora

Los resultados obtenidos nos permiten analizar que el 46,8% de los encuestados no aceptaría la instalación de paneles solares o el uso de energía solar para obtener energía eléctrica debido a su costo.

10. De ejecutarse un proyecto como el de “Mobile – Juice” a través del apoyo económico de los entes gubernamentales. ¿Usted implementaría el proyecto en su negocio?

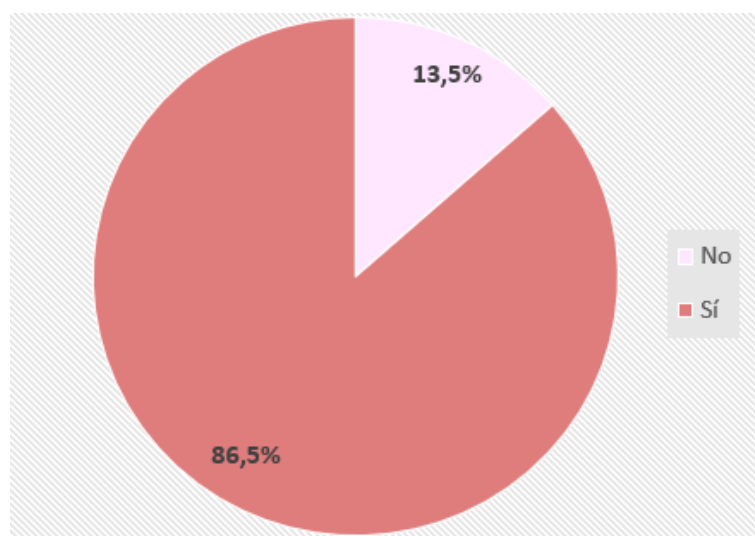


Fig. 101. Diagrama de pastel resultante de aceptación del proyecto

Fuente: Autora

De ejecutarse el proyecto como el de “Mobile – Juice” a través del apoyo económico de los entes gubernamentales el 86,5% de encuestados apoyarán la ejecución del mismo.

11. De acuerdo al estudio realizado para el proyecto “Mobile – Juice” se ha determinado una inversión de \$1462 ¿Usted estaría dispuesto/a ha realizar esta inversión? sabiendo que la inversión será recuperada en los primero 8 años y que los paneles solares tienen una vida útil aproximada de 20 años.

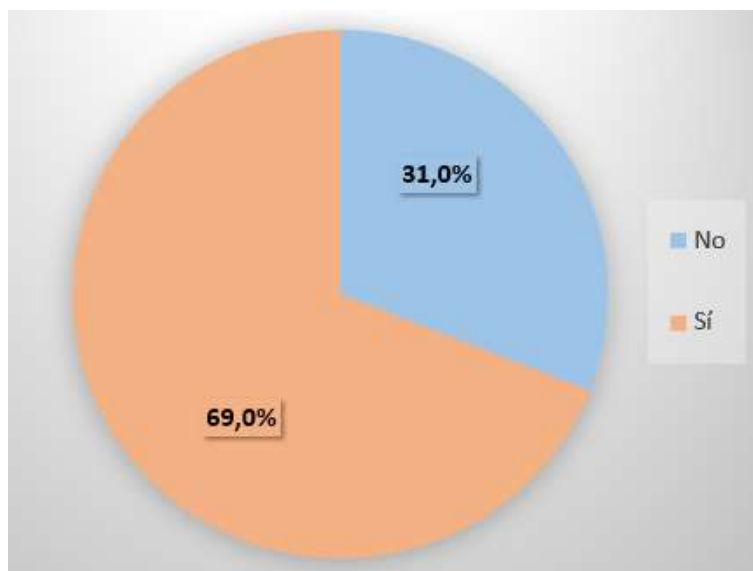


Fig. 102. Diagrama de pastel resultante de la posibilidad de invertir en el proyecto

Fuente: Autora

De acuerdo al diagrama de pastel resultante el 69% de encuestados están de acuerdo a realizar la inversión de \$ 1462 para la ejecución de negocio “Mobile – Juice”.

12. Según su criterio este proyecto será beneficioso para la sociedad, en que ámbito:

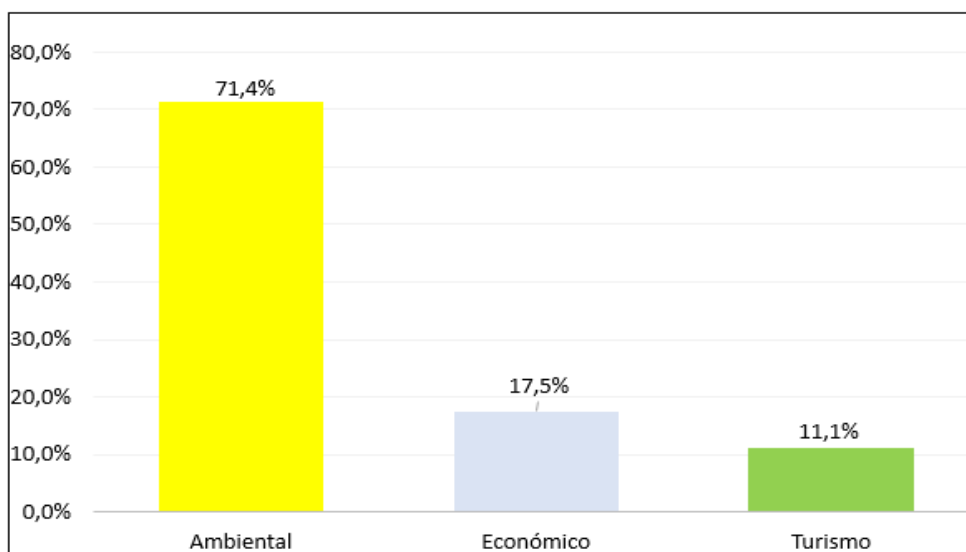


Fig. 103. Diagrama de barras resultante del mayor beneficio que brinda el proyecto

Fuente: Autora

El 71,4% de los encuestados concluyó que el proyecto será beneficioso para la sociedad, en que ámbito ambiental, un 17,5% en lo económico y un 11,1% en el turismo.

13. De ejecutarse este proyecto usted apoyaría esta innovación adquiriendo los productos de venta.

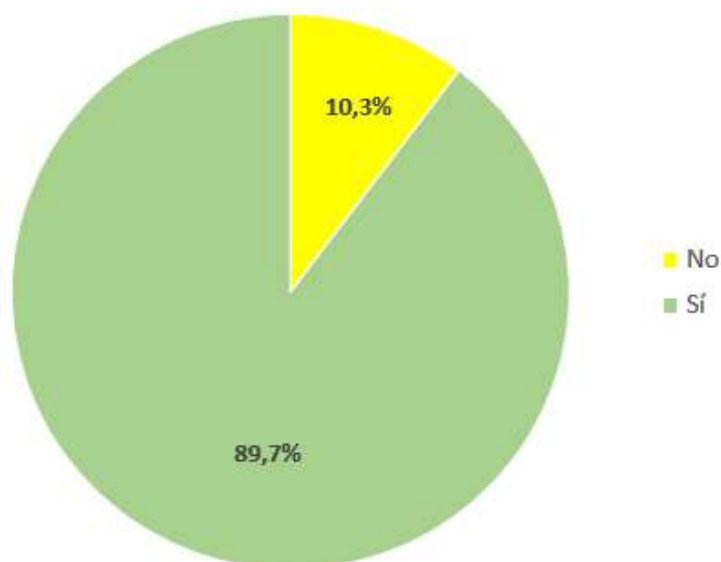


Fig. 104. Diagrama resultante de apoyó para la adquisición de los productos de venta del negocio

Fuente: Autora

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos el 89,7% de los encuestados si están de acuerdo a apoyar esta innovación adquiriendo los productos de venta.

14. ¿En qué zona cree usted que tendría más impacto este proyecto?

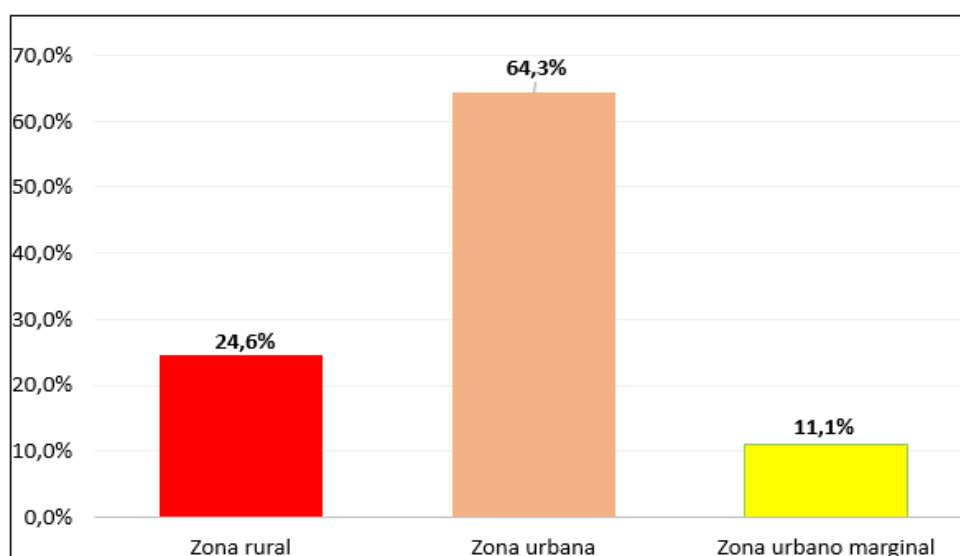


Fig. 105. Diagrama de barras de la zona en que mayor impacto tendría el proyecto

Fuente: Autora

Por medio del diagrama de bloques se puede concluir que 64,3% de los encuestados confirman que el proyecto tendría mayor impacto en la zona urbana.

15. ¿Conoce usted si en la ciudad de Cuenca se aprovecha la energía solar?

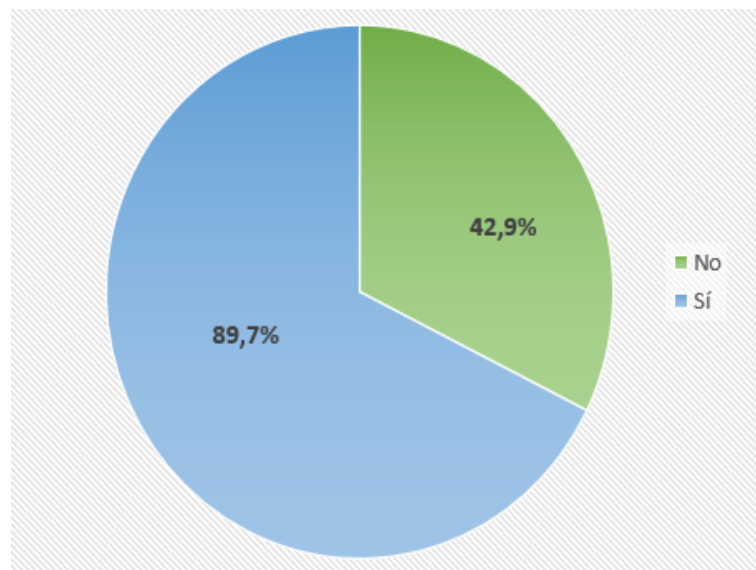


Fig. 106. Diagrama resultante del conocimiento del aprovechamiento de la energía solar en Cuenca

Fuente: Autora

El 89,7% de las personas encuestadas aseguran que en la ciudad de Cuenca si se aprovecha la energía solar.

16. ¿Cree que es importante tener una ordenanza en la ciudad y obtener un permiso para que transiten libremente estos novedosos negocios o dejar a libertad motivando el uso de las energías renovables?

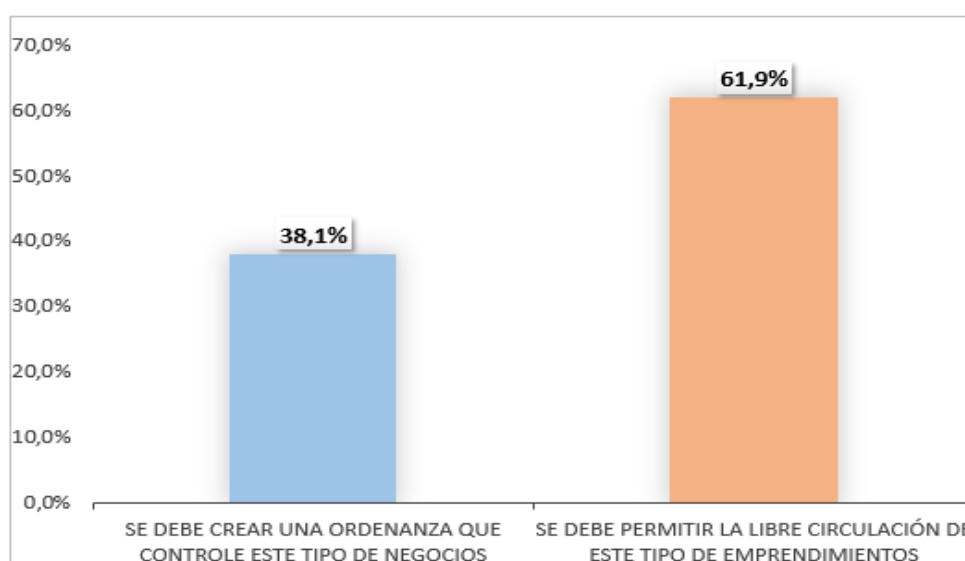


Fig. 107. Diagrama de barras resultante de crear o no una ordenanza para el uso de energías renovables

Fuente: Autora

En el diagrama de bloques resultante se puede observar que el 61,9% de encuestados creen que se debería permitir la libre circulación de este tipo de emprendimientos mas no crear una ordenanza que controle este tipo de negocios.

### 5.5 Trabajo recomendado

Para una mejor optimización del negocio “Mobile - Juice” se propone que, para próximas investigaciones se las puede centrar en otro sistema de generación eléctrica adicional a la ya estudiada en esta investigación, contando de esta manera con dos sistemas de generación eléctrica renovable.

Otra de las opciones de generación de energía eléctrica a implementar en este proyecto se basaría en el aprovechamiento de la energía mecánica generada por el movimiento de las ruedas del remolque del negocio “Mobile - Juice” para posteriormente ser transformada en energía eléctrica, con esto se puede lograr una mayor autonomía del banco de baterías debido a que este sistema puede generar energía eléctrica sin importar los cambios climatológicos.

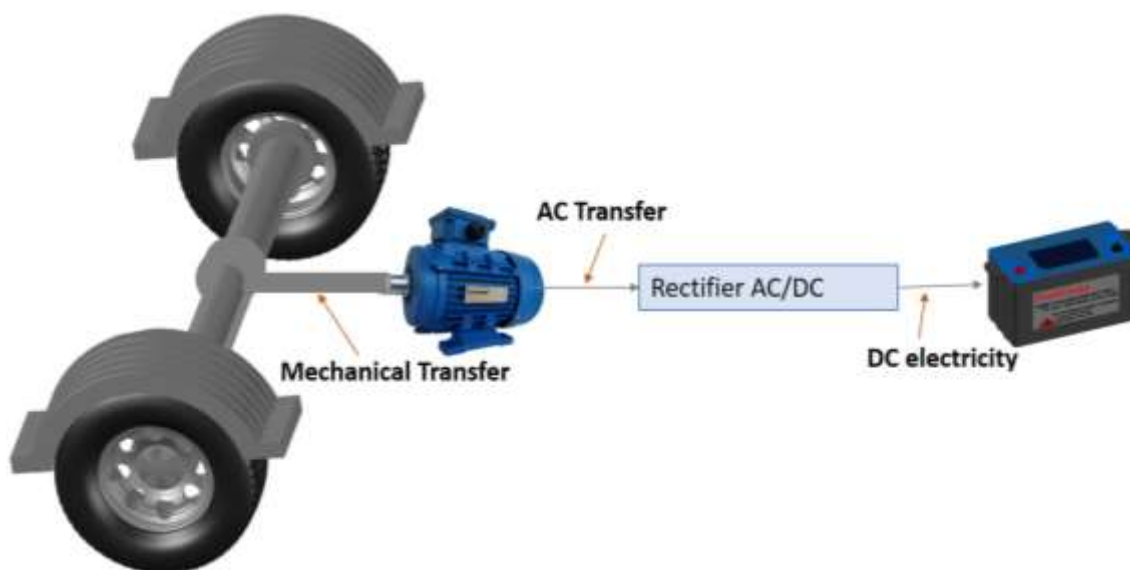


Fig. 108. Esquema del sistema de transformación de energía mecánica a eléctrica

Fuente: Autora

En la Fig. 108 se encuentra representado la forma de generar energía eléctrica a partir de la energía mecánica la cual al ingresar al motor/generador es transformada en energía eléctrica en corriente alterna AC, para posteriormente se convertida en corriente continua o directa DC y finalmente esta energía será almacenada en el banco de baterías la misma que podrá ser usada para poner en funcionamiento los diferentes aparatos eléctricos del negocio “Mobile - Juice”.

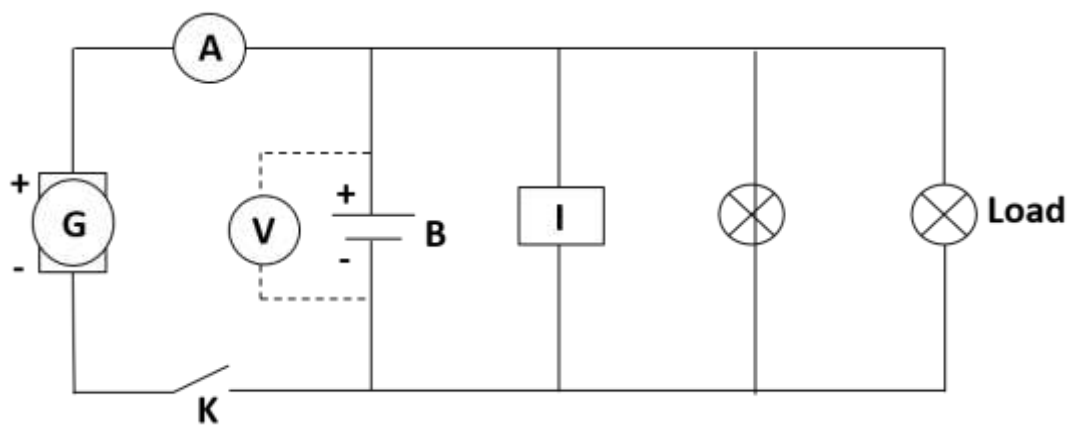


Fig. 109. Diagrama Unifilar de la transformación de la energía mecánica a energía eléctrica

Fuente: Autora

## CONCLUSIONES

De acuerdo al estudio realizado se concluyó que el proyecto planteado para la ciudad de Cuenca es factible, debido a que las condiciones climatológicas del lugar son favorables para la generación de energía eléctrica fotovoltaica, mediante la implementación de este tipo de proyectos se puede lograr mitigar la contaminación ambiental, así como también lograr una alta eficiencia energética, el sol al ser una fuente de energía inagotable le brinda la facilidad a nuestro proyecto de ser un tipo de negocio sustentable y amigable con el medio ambiente.

Para el diseño y dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico se tomó en cuenta la demanda energética generada por los artefactos eléctricos del negocio “Mobile – Juice”, así como también se obtuvo los datos de temperatura, radiación e irradiación solar de los parques de la ciudad con mayor afluencia de personas, estos datos fueron obtenidos mediante la aplicación de cuatro softwares como son HOMER, SolarGis, PVSyst y Global Solar Atlas los mismos que son precisos, eficientes y confiables a la hora de dimensionar un sistema solar fotovoltaico, una vez obtenido estos datos se realizó una comparación y el promedio del mes de mayor y menor irradiación solar, siendo el mes de Junio el mes de menor irradiación solar y el mes de Noviembre el mes de mayor irradiación solar, teniendo entre las 9:30 a 14:30 horas del día una mayor radiación solar.

El diseño estructural se lo realizó en el software AutoCAD el cual nos permite visualizar y diseñar en 2D y 3D, la realización de este diseño sirve como guía para las personas interesadas en la construcción del negocio “Mobile – Juice”, debido a que cuenta con todas las dimensiones de las diferentes partes de la estructura facilitando así su lectura. El modelamiento y simulación del sistema se lo efectuó en el software Matlab el mismo que nos permite determinar el funcionamiento y factibilidad del proyecto antes de implementar el sistema, caso contrario realizar algún ajuste para optimizar su desempeño.

El sistema solar fotovoltaico del negocio “Mobile – Juice” al ser un sistema aislado contará con un banco de baterías conformado por 3 baterías de 150 Ah, el cual será usado generalmente en la noche para cubrir la demanda energética del sistema de refrigeración, así como también para cubrir la demanda energética en las horas de menor irradiación solar, durante el día el banco de baterías alcanza una carga promedio del 95% de su capacidad total y en la hora de la noche presenta una descarga del 60% de su carga total.

De acuerdo a los resultados obtenidos de las encuestas, se revela que el 89% de la población encuestada acoge el proyecto planteado como una de las alternativas para mejorar la economía y conservar el medio ambiente, generando un gran impacto en la zona urbana debido a la concurrencia de personas, analizando el tiempo en el que el proyecto se vuelve rentable es después de los 8 años de su funcionamiento siendo el tiempo en el capital invertido

en el negocio “Mobile – Juice” es recuperada, transcurrido los 12 años faltantes para cumplir la vida útil del sistema se obtiene una utilidad de \$2.203,28 y para posteriormente ser remplazados por nuevos equipos.

### **RECOMENDACIONES**

Se recomienda para futuras investigaciones realizar estudios de otras fuentes de energía renovable a implementar al negocio “Mobile – Juice” con la finalidad de aprovechar de mejor manera el proyecto, una de las opciones es el uso de la energía mecánica generada por el desplazamiento del negocio, logrando de esta manera obtener una mayor generación de energía eléctrica por lo cual será necesario la reducción del número de módulos fotovoltaicos para contar solamente con energía necesaria para cubrir la demanda energética del sistema.

Se recomienda realizar monitoreos constantes de los equipos instalados para un mejor rendimiento del sistema solar fotovoltaico, logrando así un mayor tiempo de funcionamiento y un mayor tiempo de rentabilidad del negocio.

Para un mejor análisis y diseño del sistema es necesario contar con datos radiación e irradiación solar en tiempo real para lo cual es necesario contar con estaciones meteorológicas que nos faciliten la precisión y confiabilidad del sistema a implementar, las simulaciones de factibilidad del negocio se las debe realizar en softwares confiables como Matlab, Simulink y Homer, cabe recalcar que para una mejor confiabilidad las simulaciones se deben realizarse antes y después de la implementación del sistema, de acuerdo a los resultados obtenidos se puede determinar con mejor exactitud la factibilidad del proyecto.

Dimensionar correctamente el sistema solar fotovoltaico, a la hora de ubicar los módulos fotovoltaicos se debe considerar el grado de inclinación óptimo para garantizar una correcta captación de la energía solar, logrando de esta manera el óptimo funcionamiento del mismo durante el periodo para el que fue diseñado.

A la hora de diseñar un sistema solar fotovoltaico primeramente se deberá realizar un análisis del consumo energético de la vivienda o el lugar en el que se requiere realizar esta implementación, posteriormente se deberá cotizar el costo de los equipos con la finalidad de ver la factibilidad económica de la instalación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

### BIBLIOGRAFÍA

- A, Z. (2015). Maximizing solar PV energy penetration using energy storage technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- AEEREE. (5 de Junio de 2021). *AEEREE*. Obtenido de <https://aeeree.org/eficiencia-energetica/>
- Atlas, G. S. (25 de Mayo de 2021). *Global Solar Atlas*. Obtenido de <https://globalsolaratlas.info/map>
- AutoSolar. (27 de Julio de 2021). *AutoSolar*. Obtenido de <https://autosolar.es/paneles-solares/era>
- Balderramo Vélez, N. R., Muñoz Chumo, E. A., & Pico Mera, G. E. (2018). Eficiencia Energética en Función del Desarrollo del Plan Maestro de Electrificación (PME) en Ecuador. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT ISSN: 2588-0721*, 3(2), 12.
- Calsi Silva, B., Angulo Abanto, J., Conde Mendoza, L., Muñoz Cerón, E., Grieseler, R., Guerra Torres, J., . . . Palomino-Töfflinger, J. (2020). Procedimiento del cálculo de la potencia nominal de un generador fotovoltaico. *TECNIA*, 30(1), 22-26.
- Carta Gonzáles, J., & Calero Pérez, R. (2015). *Centrales de energías renovables: generación eléctrica con energías renovables*. Madrid: Pearson.
- Chevez, P. J. (2018). *Energías renovables y eficiencia energética: Análisis de medidas orientadas al sector residencial*. Ediciones de la U.
- Chikate, B., & Sadawarte, Y. (2015). The Factors Affecting the Performance of Solar Cell. *International Journal of Computer Applications* .
- CLIMATE-DATA. (19 de Abril de 2021). *Climate-Data.org*. Obtenido de <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-del-azuary/cuenca-875185/>
- CONELEC. (2013 - 2022). *Plan Maestro de Electrificación 2013 - 2022*. Quito: Advantlogic Ecuador S.A.
- Conocimientosweb.net. (21 de Julio de 2021). *Conocimientosweb.net*. Obtenido de <https://conocimientosweb.net/descargas/article2620.html>
- Dagdug, L. (15 de Febrero de 2021). *Real Estate Market y Lifestyle*. Obtenido de <http://realestatemarket.com.mx/infraestructura-y-construccion/15648-el-sol-un-negocio-para-salvar-al-planeta>
- Desarrollo, P. d. (20 de Abril de 2021). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*. Obtenido de <https://www.ec.undp.org/content/ecuador/es/home/sustainable-development-goals/goal-7-affordable-and-clean-energy.html>
- Guney, M. (2016). Solar power and application methods. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 57, 776-785.

- Hassan, A., Al - Abdeli, Y., Masek, M., & Bass, O. (2021). Optimal sizing and energy scheduling of grid-supplemented solar PV systems with battery storage: Sensitivity of reliability and financial constraints. *Energy*, 238, 121780.
- IRENA. (2019). *A New World: The Geopolitics of the Energy Transformation*. Global Commission on the Geopolitics of Energy Transformation.
- Izquierdo-Torres, I., Pacheco-Portilla, M., González-Morales, L., & Zalamea-León, E. (2019). Photovoltaic simulation considering building integration parameters. *INGENIUS*.
- Jurado, F., Tostado - Véliz, M., & Icaza - Alvarez, D. (2021). A novel methodology for optimal sizing photovoltaic-battery systems in smart homes considering grid outages and demand response. *Renewable Energy* 170, 884–896.
- Laveyne, J., Bozalakov, D., Van Eetvelde, G., & Vandeveld, L. (2020). Impact of Solar Panel Orientation on the Integration of Solar Energy in Low-Voltage Distribution Grids. *International Journal of Photoenergy*, 2020, 1-13.
- Ledesma, J., Almeida, R., Martinez-Moreno, F., Rossa, C., Martín-Rueda, J., Narvarate, L., & Lorenzo, E. (2020). A simulation model of the irradiation and energy yield of large bifacial photovoltaic plants. *Solar Energy*, 206(), 522-538.
- Machorro, J. (26 de Febrero de 2021). *Mi Ambiente*. Obtenido de <https://www.miambiente.com.mx/sustentabilidad1/fomentan-uso-de-celdas-solares-para-negocios-moviles/>
- Makhdoomi, S., & Askarzadeh, A. (2021). Impact of solar tracker and energy storage system on sizing of hybrid energy systems: A comparison between diesel/PV/PHS and diesel/PV/FC. *Energy* 231, 120920.
- MathWorks. (22 de Julio de 2021). *MathWorks (2017a)*. Obtenido de <https://www.mathworks.com/help/physmod/sps/powersys/ref/pvarray.html>
- MathWorks. (25 de Julio de 2021). *MathWorks. (2017a)*. Obtenido de [https://www.mathworks.com/help/physmod/sps/powersys/ref/battery.html?s\\_tid=doc\\_ta](https://www.mathworks.com/help/physmod/sps/powersys/ref/battery.html?s_tid=doc_ta)
- Nasa. (10 de Mayo de 2021). *Nasa Official*. Obtenido de <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- Nayak, B., & Shaw, A. (2017). Design of MPPT Controllers and PV cells Using MATLAB Simulink and Their Analysis . *International Conference on Nascent Technologies in the Engineering Field (ICNTE)*.
- Noriega Angarita, E., Cabello Eras, J., Hernández Herrera, H., Sousa Santos, V., Balbis Morejón, M., Silva Ortega, J., & Sangastume Gutiérrez, A. (2019). Energy planning and management during battery manufacturing. *Gestão & Produção*, 26(4), e3928.
- Pro, H. E. (26 de Mayo de 2021). *Homer Energy*. Obtenido de <https://www.homerenergy.com/products/pro/index.html>

- Renovable, M. d. (2017). *Guía práctica para el uso eficiente de la energía eléctrica en el Ecuador*.
- Salas Reyes, Y., Gómez Blanco, H., Vanegas Chamorro, M., Valencia Ochoa, G., & Villicaña Ortíz. (2018). Technical and economic design of a photovoltaic solar test bank for power generation off-grid. *Propectiva*, Vol 16, N° 2.
- SAMLEXAMERICA. (20 de Julio de 2021). Obtenido de <https://samlexamerica.com/product-category/dc-ac-power-inverters/>
- Serrano Guerrero, X., Alvarez Lozano, D., & Luna Romero, S. (2019). Influence of local climate on the tilt and orientation angles in fixed flat surfaces to maximize the capture of solar irradiation: A case study in Cuenca - Ecuador. *IEEE International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing (ROPEC)*.
- SmartSolar. (20 de Julio de 2021). *SmartSolar*. Obtenido de <https://www.smartsolar.com.co/>
- Solargis. (25 de Mayo de 2021). *Solargis*. Obtenido de <https://apps.solargis.com/prospect/map?s=-2.905667,-79.006119&c=-2.799712,-78.944321,10>
- Spark, W. (27 de Marzo de 2021). *Weather Spark*. Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/19348/Clima-promedio-en-Cuenca-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- Sumathi, S., Ashok Kumar, L., & Surekha, P. (2015). *Modeling and Simulation of Solar PV Module on MATLAB/SIMULINK*. Coimbatore, India: Springer.
- Technology, F. G. (20 de Julio de 2021). *Future Green Technology*. Obtenido de <https://es.futuregreenbattery.com/>
- Vaca, D., & Ordóñez, F. (2019). *Mapa Solar del Ecuador*. SCINERGY.
- Vásquez Calero, F., Urdiales Flores, L., Espinoza Abad, J., & García Renté, M. (2015). Energía Solar en el Ecuador. En M. y. Peláez Samaniego, *Energías renovables en el Ecuador. Situación actual, tendencias y perspectivas* (1a ed.). Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Vega de Kuyper, J., & Ramírez Morales, S. (2015). *Fuentes de Energía, Renovables y no Renovables - Aplicaciones* (1 ed.). Alfaomega.
- Vera Dávila, A., Delgado Ariza, J., & Sepúlveda Mora, S. (2018). Validación del modelo matemático de un panel solar empleando la herramienta Simulink de Matlab. *Desarrollo e Innovación*, 8(2), 343-356.
- Vinod, Kumar, R., & Singh, S. (2018). Solar photovoltaic modeling and simulation: As a renewable energy solution. *Energy Reports*, 4(), 701-712.
- Wang, W., Li, Y., Shi, M., & Song, Y. (2021). Optimization and control of battery-flywheel compound energy storage system during an electric vehicle braking. *Energy* 226, 120404.

## ANEXOS

### ANEXO 1. Registro fotográfico del parque el Paraíso



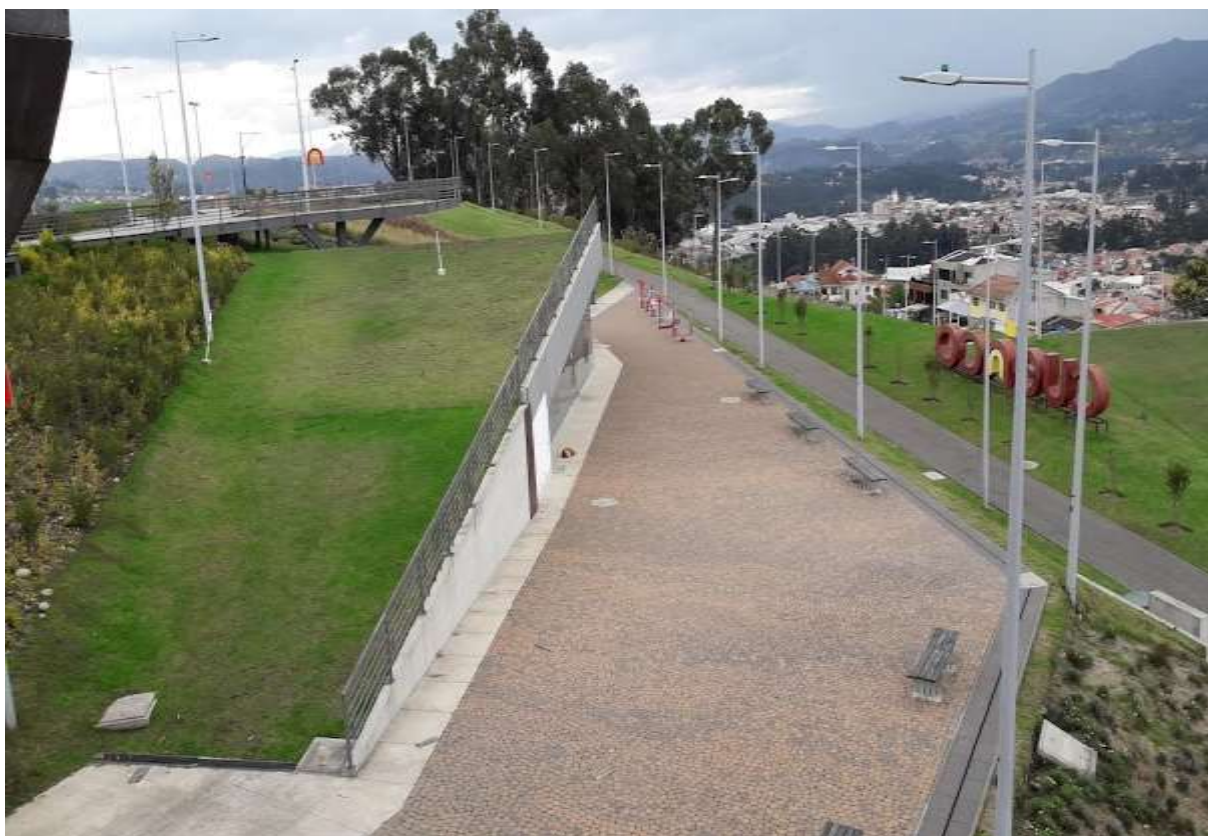
## ANEXO 2. Registro fotográfico del parque de la Madre



### ANEXO 3. Registro fotográfico parque Miraflores



#### ANEXO 4. Registro fotográfico parque de la luz



## ANEXO 5. Registro fotográfico parque Tarqui Guzho



## ANEXO 6. Código en Matlab: Curva característica Corriente – Voltaje y Potencia – Voltaje

```

%%% Modelado del Módulo fotovoltaico
%% Datos iniciales
k=1.381e-23; % Constante de Boltzmann (J/K)
q=1.602e-19; % Carga eléctrica, C
n=1.2; % Factor de calidad del diodo
Vg=1.12; % Voltaje de banda prohibida (V)
Ns=36; % Número de celdas en serie
T=25; % Temperatura ambiente en °C
Tl=273+25; % Transformar de °C en Kelvin
Voc=22.7; % Voltaje de circuito abierto (V)
Isc=11.86; % Corriente de cortocircuito (A)
Ir0=1000; % Irradiancia (W/m^2)
VT=k*Tl/q; % Voltaje termico (mV)

%% Cálculo de Iph
Voc_Tl=Voc/Ns;
TarK=273+T;
K0=0.04; % Coeficiente de temperatura de Isc
Ir=1000; % Irradiancia(W/m^2)
Iph_Tl=Isc*(Ir0/Ir);
Iph=Iph_Tl+K0*(TarK-Tl);

%% Cálculo de la corriente de saturación Is
Is=Isc/(exp(Voc/n/VT/Ns)-1);

%% Cálculo de la corriente de oscuridad IO
IO=Is*(TarK/Tl)^(3/n).*exp(-q*Vg/(n*k)).*((1./TarK)-(1/Tl));

%% Cálculo de la resistencia en serie Rs
X=Is*q/(n*k*Tl*Ns)*exp(q*Voc_Tl/(n*k*Tl));
dVdI_Voc=-0.705;
Rs=-dVdI_Voc-(1/X);

%% Cálculo de Rp
Vmp=18.2; % Voltaje máximo (V)
Imp=11; % Corriente máxima (A)
Rp=(Vmp+Rs*Imp)/(-Imp+Iph-IO*(exp(q*(Vmp+Rs*Imp)/n*k*Ns*Tl)-1));

%% Cálculo del voltaje
Vt_T=n*k*TarK/q;
V=0:0.1:Voc;
Vc=V/Ns;

%% Cálculo de la corriente generada
I=zeros(size(Vc));
for j=1:5;
    I=I-(Iph-I-IO.*(exp((V+I.*Rs)/(Vt_T*Ns))-1))./...
        (-1-(IO.*(exp((V+I.*Rs)/(Vt_T*Ns))-1)).*Rs./...
        (Vt_T*Ns)-Rs/Rp);
end

%% Cálculo de la potencia
P=I.*V;

%% Gráfica de las Curvas de CURRENT - VOLTAGE Y POWER - VOLTAGE
grid on
hold on
title('CURRENT - VOLTAGE Y POWER - VOLTAGE ')
yyaxis left;
plot(V,I); % Gráfica curva Corriente-Voltaje I-V

```

```

xlabel('Voltage (V)');
ylabel('Current (A)');
yyaxis right
plot(V,P);          % Gráfica curva Potencia-Voltaje P-V
ylabel('Power (W)');

```

**ANEXO 7.** Código en Matlab: Curvas resultantes con respecto a la variación de la irradiación

```

%% Modelado del Módulo fotovoltaico
%% Datos iniciales
clear all
clc
k=1.381e-23;          % Constante de Boltzmann (J/K)
q=1.602e-19;         % Carga eléctrica, C
n=1.2;               % Factor de calidad del diodo
Vg=1.12;             % Voltaje de banda prohibida (V)
Ns=36;               % Número de celdas en serie
T=25;                % Temperatura ambiente en °C
Tl=273+25;           % Transformar de °C en Kelvin
Voc=22.7;            % Voltaje de circuito abierto (V)
Isc=11.86;           % Corriente de cortocircuito (A)
Ir0=1000;            % Irradiancia máxima (W/m^2)
Ir11=700;            % Irradiancia media (W/m^2)
Ir22=400;            % Irradiancia mínima (W/m^2)
VT=k*Tl/q;           % Voltaje termico (mV)

%% Cálculo de Iph
Voc_Tl=Voc/Ns;
TarK=273+T;
K0=0.04;
Ir=1000;
Iph_Tl=Isc*(Ir0/Ir);
Iph=Iph_Tl+K0*(TarK-Tl); % Iph con respecto a la irradiación máx
Iph_T2=Isc*(Ir11/Ir);
Iph1=Iph_T2+K0*(TarK-Tl); % Iph con respecto a la irradiación med
Iph_T3=Isc*(Ir22/Ir);
Iph2=Iph_T3+K0*(TarK-Tl); % Iph con respecto a la irradiación min

%% Cálculo de la corriente de saturación Is
Is=Isc/(exp(Voc/n/VT/Ns)-1);

%% Cálculo de la corriente de oscuridad I0
I0=Is*(TarK/Tl)^(3/n)*exp(-q*Vg/(n*k)*((1./TarK)-(1/Tl)));

%% Cálculo de la resistencia en serie Rs
X=Is*q/(n*k*Tl*Ns)*exp(q*Voc_Tl/(n*k*Tl));%
dVdI_Voc=-0.705;
Rs=-dVdI_Voc-(1/X);

%% Cálculo de Rp
Vmp=18.2;
Imp=11;
Rp=(Vmp+Rs*Imp)/(-Imp+Iph-I0*(exp(q*(Vmp+Rs*Imp)/n*k*Ns*Tl)-1));
Rp1=(Vmp+Rs*Imp)/(-Imp+Iph1-I0*(exp(q*(Vmp+Rs*Imp)/n*k*Ns*Tl)-1));
Rp2=(Vmp+Rs*Imp)/(-Imp+Iph2-I0*(exp(q*(Vmp+Rs*Imp)/n*k*Ns*Tl)-1));

```

```

%% Cálculo del voltaje
Vt_T=n*k*TarK/q;
V=0:0.1:Voc;
Vc=V/Ns;

%% Cálculo de la corriente generada
I=zeros(size(Vc));
I1=zeros(size(Vc));
I2=zeros(size(Vc));
for j=1:5;
    I=I-(Iph-I-I0.*(exp((V+I.*Rs)/(Vt_T*Ns))-1))./...
        (-1-(I0.*(exp((V+I.*Rs)/(Vt_T*Ns))-1)).*Rs./...
        (Vt_T*Ns)-Rs/Rp); % I generada con respecto a la irradiación máx
    I1=I1-(Iph1-I1-I0.*(exp((V+I1.*Rs)/(Vt_T*Ns))-1))./...
        (-1-(I0.*(exp((V+I1.*Rs)/(Vt_T*Ns))-1)).*Rs./...
        (Vt_T*Ns)-Rs/Rp1); % I generada con respecto a la irradiación med
    I2=I2-(Iph2-I2-I0.*(exp((V+I2.*Rs)/(Vt_T*Ns))-1))./...
        (-1-(I0.*(exp((V+I2.*Rs)/(Vt_T*Ns))-1)).*Rs./...
        (Vt_T*Ns)-Rs/Rp2); % I generada con respecto a la irradiación min
end

%% Cálculo de la potencia
P=I.*V; % P generada con respecto a la irradiación máx
P1=I1.*V; % P generada con respecto a la irradiación med
P2=I2.*V; % P generada con respecto a la irradiación min

%% Gráfica curva Corriente-Voltaje I-V
a=11;
b=18.2;
figure(1)
Px=0:0.01:b;
grid on
hold on
title('CURRENT - VOLTAGE (I-V) ')
xlabel('Voltage(V)')
ylabel('Current(A)')
axis([0 8*pi 0 13])
plot(V,I,'-r');
plot(V,I1,'-g');
plot(V,I2,'-b');
legend({'Irradiación Max','Irradiación Med','Irradiación Min'})

%% Gráfica curva Potencia-Voltaje P-V
a=200;
b=18.2;
figure(2)
Px = 0:0.01:b;
grid on
hold on
title('POWER VS VOLTAGE'),
xlabel('Voltage (V)')
ylabel('Power (W)'),
axis([0 8*pi 0 220])
plot(V,P,'-r');
plot(V,P1,'-g');
plot(V,P2,'-b');
legend({'Irradiación Max','Irradiación Med','Irradiación Min'})

```

## ANEXO 8. Código en Matlab: Curvas resultantes con respecto a la variación de la temperatura

```

%%% Modelado del Módulo fotovoltaico
%% Datos iniciales
clear all
clc
k=1.381e-23;           % Constante de Boltzmann (J/K)
q=1.602e-19;           % Carga eléctrica, C
n=1.2;                 % Factor de calidad del diodo
Vg=1.12;               % Voltaje de banda prohibida (V)
Ns=36;                 % Número de celdas en serie
T=25;                  % Temperatura ambiente de 25°C
T1=273+25;             % Transformar de °C en Kelvin
Ta=50;                  % Temperatura ambiente de 50°C
T2=273+50;             % Transformar de °C en Kelvin
Tb=75;                  % Temperatura ambiente de 75°C
T3=273+75;             % Transformar de °C en Kelvin
Voc=22.7;              % Voltaje de circuito abierto (V)
Isc=11.86;             % Corriente de cortocircuito (A)
Ir0=1000;              % Irradiancia máxima (W/m^2)
VT=k*T1/q;             % Voltaje termico (mV)
VT1=k*T2/q;            % Voltaje termico (mV)
VT2=k*T3/q;            % Voltaje termico (mV)

%% Cálculo de Iph
Voc_T1=Voc/Ns;
TarK=273+T;
TarK1=273+Ta;
TarK2=273+Tb;
K0=0.04;
Ir=1000;
Iph_T1=Isc*(Ir0/Ir);
Iph=Iph_T1+K0*(TarK-T1); % Iph con respecto a la temperatura de 25°C
Iph1=Iph_T1+K0*(TarK1-T2); % Iph con respecto a la temperatura de 50°C
Iph2=Iph_T1+K0*(TarK2-T3); % Iph con respecto a la temperatura de 75°C

%% Cálculo de la corriente de saturación Is
Is=Isc/(exp(Voc/n/VT/Ns)-1);
Is1=Isc/(exp(Voc/n/VT1/Ns)-1);
Is2=Isc/(exp(Voc/n/VT2/Ns)-1);

%% Cálculo de la corriente de oscuridad I0
I0=Is*(TarK/T1).^(3/n).*exp(-q*Vg/(n*k).*(1./TarK)-(1/T1));
I01=Is1*(TarK1/T2).^(3/n).*exp(-q*Vg/(n*k).*(1./TarK1)-(1/T2));
I02=Is2*(TarK2/T3).^(3/n).*exp(-q*Vg/(n*k).*(1./TarK2)-(1/T3));

%% Cálculo de la resistencia en serie Rs
X=Is*q/(n*k*T1*Ns)*exp(q*Voc_T1/(n*k*T1));
X1=Is1*q/(n*k*T2*Ns)*exp(q*Voc_T1/(n*k*T2));
X2=Is2*q/(n*k*T3*Ns)*exp(q*Voc_T1/(n*k*T3));
dVdI_Voc=-0.705;
Rs=-dVdI_Voc-(1/X);
Rs1=-dVdI_Voc-(1/X1);
Rs2=-dVdI_Voc-(1/X2);

```

```

%% Cálculo de Rp
Vmp=18.2;
Imp=11;
Rp=(Vmp+Rs*Imp)/(-Imp+Iph-I0*(exp(q*(Vmp+Rs*Imp)/n*k*Ns*T1)-1));
Rp1=(Vmp+Rs1*Imp)/(-Imp+Iph1-I01*(exp(q*(Vmp+Rs1*Imp)/n*k*Ns*T2)-1));
Rp2=(Vmp+Rs2*Imp)/(-Imp+Iph2-I02*(exp(q*(Vmp+Rs2*Imp)/n*k*Ns*T3)-1));
%%Cálculo del voltaje
Vt_T=n*k*TarK/q;
Vt_T1=n*k*TarK/q;
Vt_T2=n*k*TarK/q;
V=0:0.1:Voc;
Vc=V/Ns;


---


%% Cálculo de la corriente generada
I=zeros(size(Vc));
I1=zeros(size(Vc));
I2=zeros(size(Vc));
for j=1:5;
    I=I-(Iph-I-I0*(exp((V+I.*Rs)/(Vt_T*Ns))-1))./...
        (-1-(I0*(exp((V+I.*Rs)/(Vt_T*Ns))-1)).*Rs./...
        (Vt_T*Ns)-Rs/Rp); % I con respecto a la temperatura de 25°C
    I1=I1-(Iph1-I1-I01*(exp((V+I1.*Rs1)/(Vt_T1*Ns))-1))./...
        (-1-(I01*(exp((V+I1.*Rs1)/(Vt_T1*Ns))-1)).*Rs1./...
        (Vt_T1*Ns)-Rs1/Rp1); % I con respecto a la temperatura de 50°C
    I2=I2-(Iph2-I2-I02*(exp((V+I2.*Rs2)/(Vt_T2*Ns))-1))./...
        (-1-(I02*(exp((V+I2.*Rs2)/(Vt_T2*Ns))-1)).*Rs2./...
        (Vt_T2*Ns)-Rs2/Rp2); % I con respecto a la temperatura de 75°C
end


---


%%Cálculo de la potencia
P=I.*V; % P con respecto a la temperatura de 25°C
P1=I1.*V; % P con respecto a la temperatura de 50°C
P2=I2.*V; % P con respecto a la temperatura de 75°C


---


%% Gráfica curva Corriente-Voltaje I-V
a=11;
b=18.2;
figure(1)
Px=0:0.01:b;
grid on
hold on
title('CURRENT - VOLTAGE (I-V) ')
xlabel('Voltage(V)')
ylabel('Current(A)')
axis([0 8*pi 0 13])
plot(V,I,'-g');
plot(V,I1,'-r');
plot(V,I2,'-b');
legend({'Temperatura 25°C','Temperatura 50°C','Temperatura 75°C'})


---


%% Gráfica curva Potencia-Voltaje P-V
a=200;
b=18.2;
figure(2)
Px = 0:0.01:b;
grid on
hold on

```

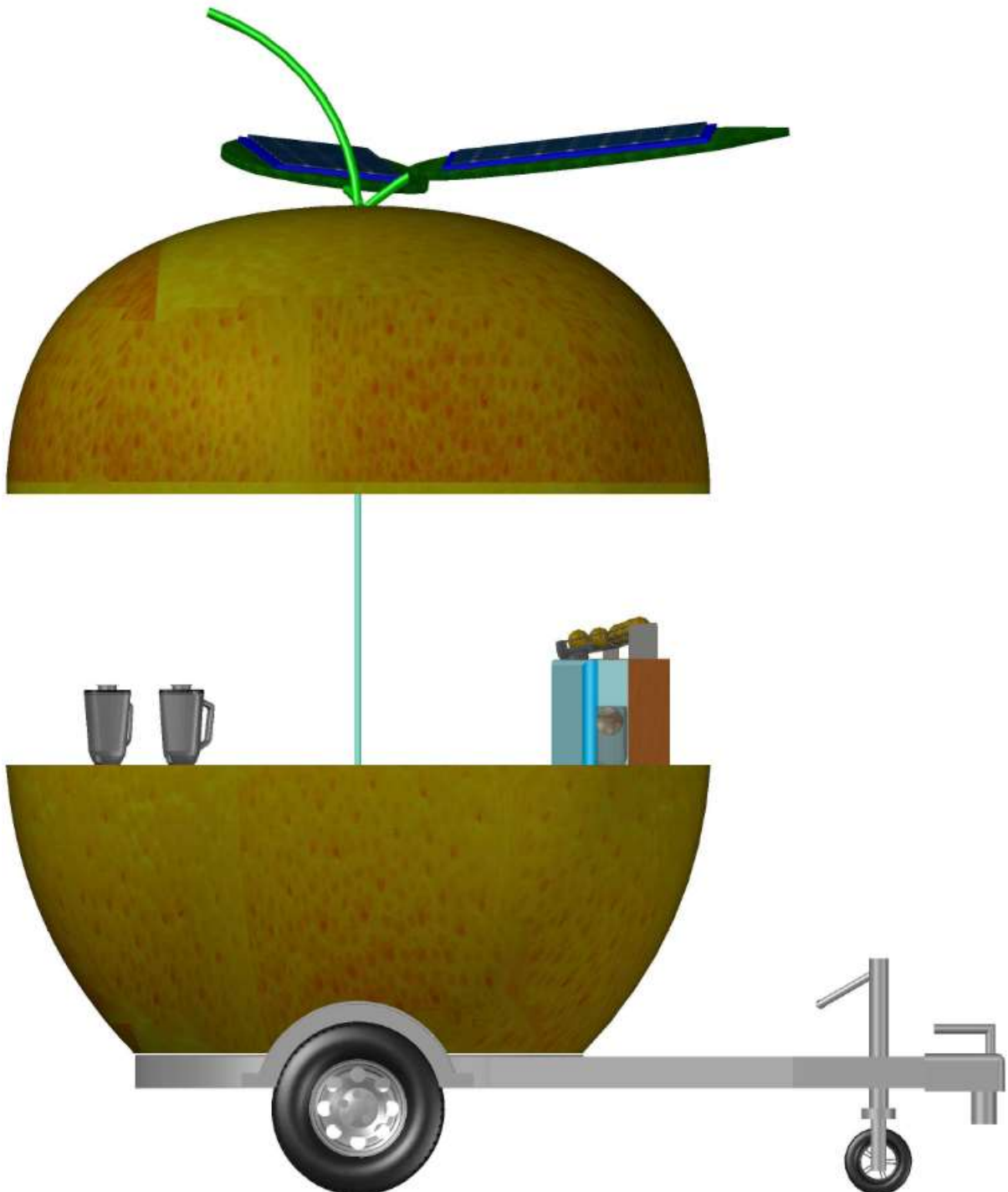
```

title('POWER VS VOLTAGE'),
xlabel('Voltage (V)')
ylabel('Power (W)'),
axis([0 8*pi 0 220])
plot(V,P,'-g');
plot(V,P1,'-r');
plot(V,P2,'-b');
legend({'Temperatura 25°C','Temperatura 50°C','Temperatura 75°C'})

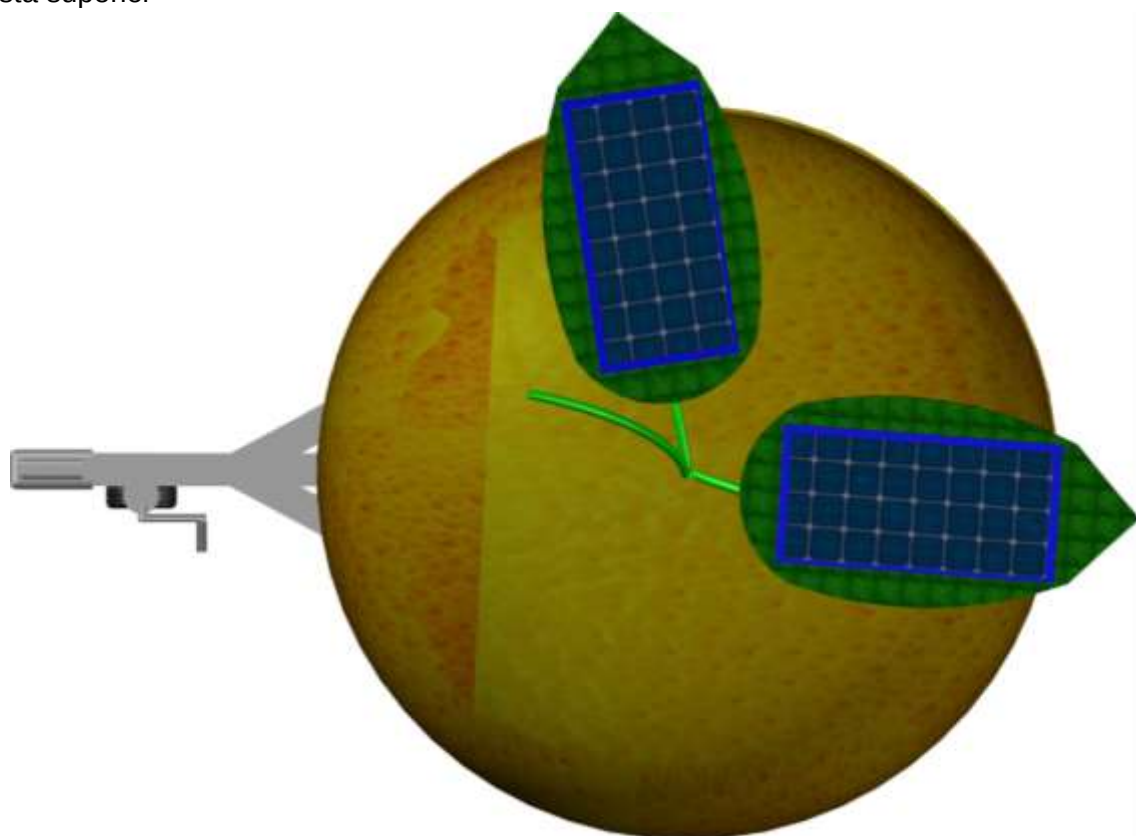
```

## ANEXO 9. Diseño estructural realizado en AutoCAD

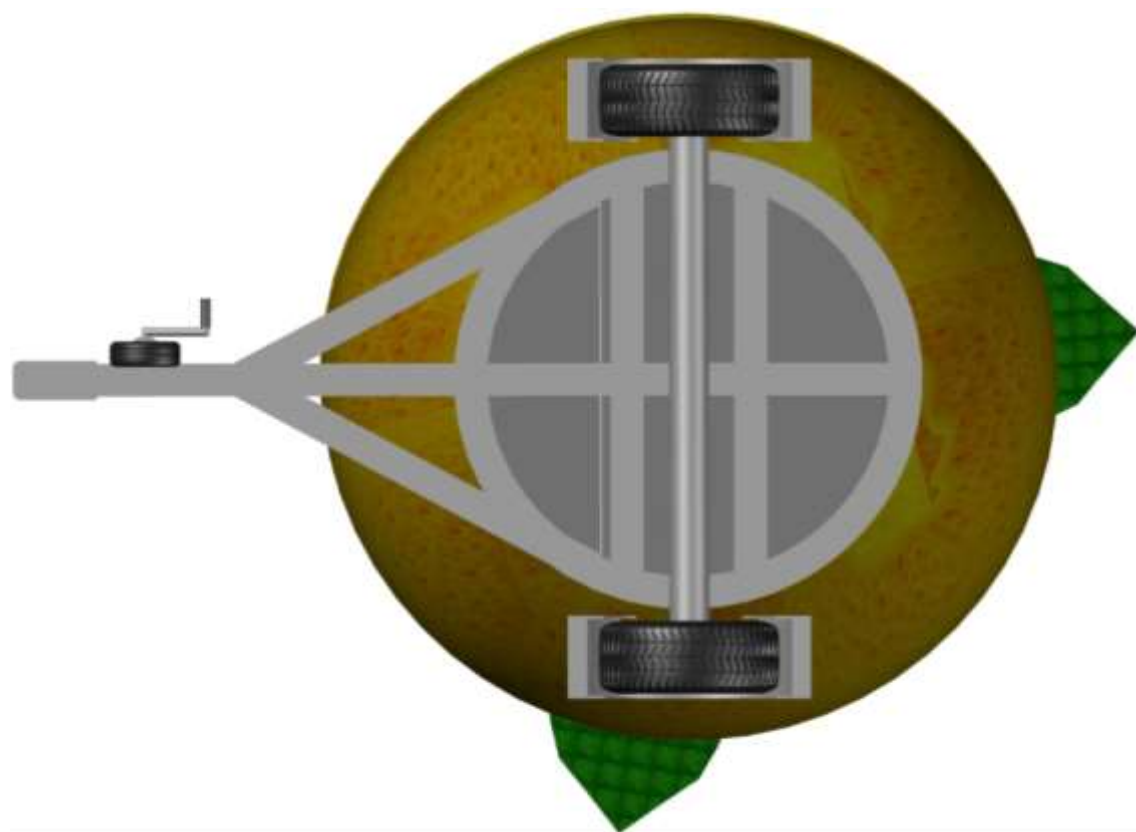
Vista lateral



Vista superior



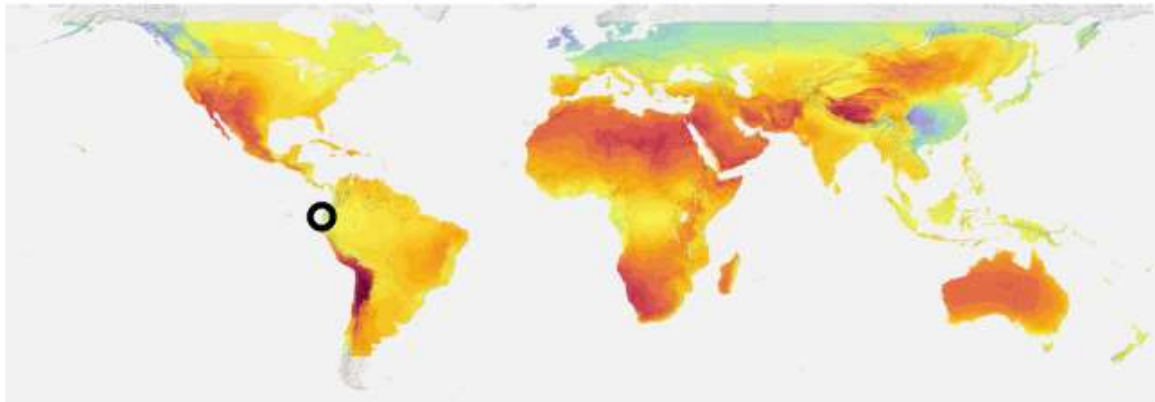
Vista inferior



**ANEXO 10.** Datos de radiación solar y temperatura de los parques de la ciudad de Cuenca, obtenidos con la aplicación Solargis.

**SOLARGIS**

**PROSPECT**



## Preliminary assessment of site solar irradiance

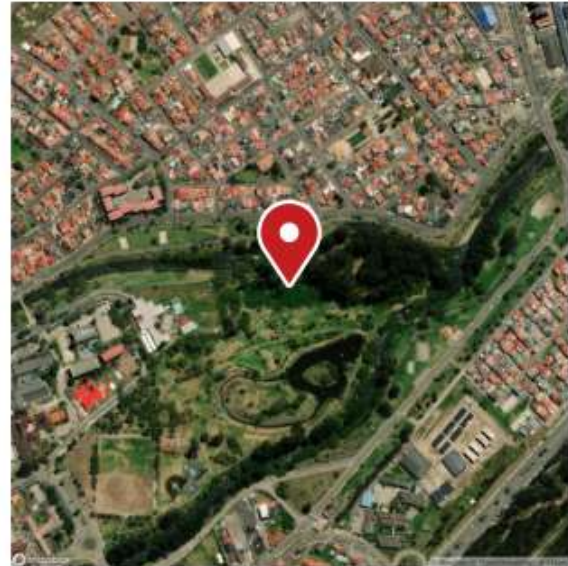
### Project: Parque el Paraíso (Ecuador)

|                          |                                                 |
|--------------------------|-------------------------------------------------|
| Geographical coordinates | -02.90883°,-078.9875° (-02°54'32", -078°59'15") |
| Report number            | P-sg2 25092-2021-07-20-2156                     |
| Report generated         | 20/07/2021                                      |
| Generated by             | Solargis                                        |
| Customer                 | UCACUE (Ecuador)                                |

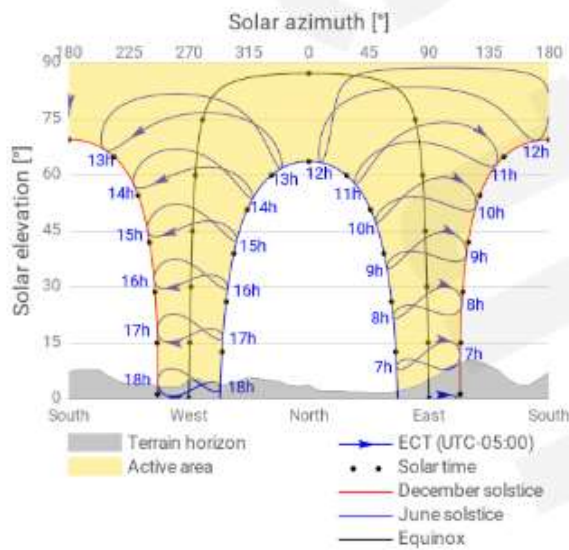
**Figure 2.1: Project location**



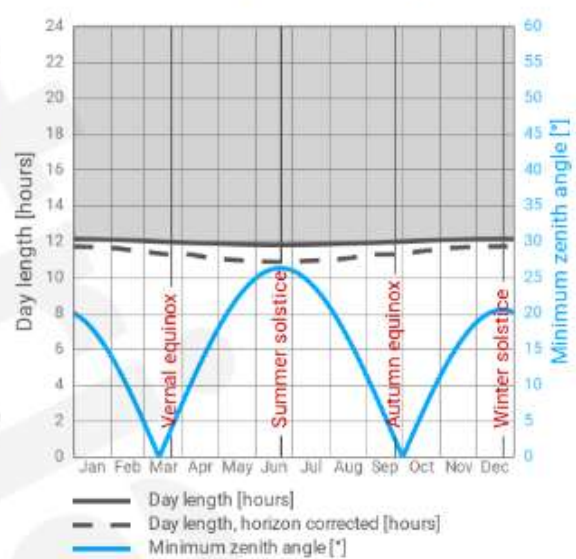
**Figure 2.2: Detailed map view**



**Figure 2.3: Project horizon and sunpath**



**Figure 2.4: Day length and solar zenith angle**



### 3 Solar and meteo: Monthly statistics

The most important project-specific meteorological parameter that determines solar electricity production is solar radiation, which fuels a PV power system. Power production is also influenced by air temperature. Other meteorological parameters also affect the performance, availability and ageing of a PV system.

**Table 3.1:** Solar radiation and meteorological parameters

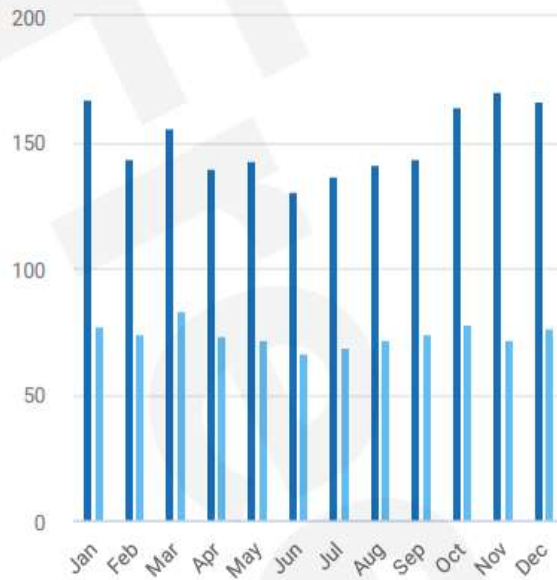
| Month         | GHI<br>kWh/m <sup>2</sup> | DNI<br>kWh/m <sup>2</sup> | DIF<br>kWh/m <sup>2</sup> | D2G          | GTI <sub>opta</sub><br>kWh/m <sup>2</sup> | TEMP<br>°C  | WS<br>m/s  | CDD<br>degree<br>days | HDD<br>degree<br>days |
|---------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------|-------------------------------------------|-------------|------------|-----------------------|-----------------------|
| Jan           | 167.5                     | 128.9                     | 77.0                      | 0.460        | 164.6                                     | 15.2        | 1.9        | 6                     | 96                    |
| Feb           | 143.8                     | 96.3                      | 74.0                      | 0.514        | 142.5                                     | 15.3        | 1.9        | 6                     | 85                    |
| Mar           | 155.6                     | 100.4                     | 83.5                      | 0.537        | 155.6                                     | 15.3        | 1.9        | 7                     | 92                    |
| Apr           | 139.3                     | 96.4                      | 73.6                      | 0.528        | 140.7                                     | 15.4        | 2.1        | 7                     | 87                    |
| May           | 143.0                     | 111.6                     | 71.4                      | 0.499        | 145.7                                     | 15.2        | 2.4        | 5                     | 93                    |
| Jun           | 130.4                     | 106.1                     | 66.3                      | 0.508        | 133.5                                     | 14.6        | 2.9        | 1                     | 107                   |
| Jul           | 136.5                     | 110.8                     | 68.6                      | 0.503        | 139.4                                     | 14.2        | 3.2        | 1                     | 121                   |
| Aug           | 141.2                     | 106.3                     | 71.8                      | 0.508        | 143.2                                     | 14.5        | 3.2        | 3                     | 115                   |
| Sep           | 143.2                     | 99.6                      | 74.2                      | 0.518        | 143.7                                     | 15.0        | 2.8        | 6                     | 98                    |
| Oct           | 164.4                     | 118.4                     | 78.0                      | 0.475        | 163.4                                     | 15.2        | 2.1        | 6                     | 96                    |
| Nov           | 170.4                     | 137.3                     | 71.5                      | 0.419        | 167.7                                     | 15.2        | 1.7        | 6                     | 92                    |
| Dec           | 166.2                     | 129.2                     | 76.2                      | 0.459        | 163.0                                     | 15.2        | 1.8        | 5                     | 94                    |
| <b>Yearly</b> | <b>1801.5</b>             | <b>1341.3</b>             | <b>886.0</b>              | <b>0.492</b> | <b>1802.9</b>                             | <b>15.0</b> | <b>2.3</b> | <b>58</b>             | <b>1176</b>           |

Optimum tilt/azimuth for GTI<sub>opta</sub> 3° / 0°

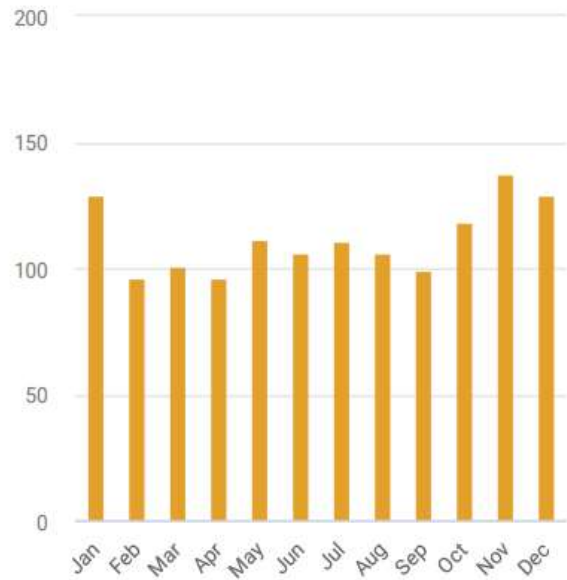
**Table 3.2:** Other meteorological parameters

| Month         | ALB         | RH<br>%   | PWAT<br>kg/m <sup>2</sup> | PREC<br>mm |
|---------------|-------------|-----------|---------------------------|------------|
| Jan           | 0.15        | 85        | 15                        | 56         |
| Feb           | 0.15        | 85        | 16                        | 72         |
| Mar           | 0.15        | 86        | 16                        | 97         |
| Apr           | 0.15        | 86        | 16                        | 105        |
| May           | 0.16        | 86        | 15                        | 66         |
| Jun           | 0.16        | 88        | 14                        | 51         |
| Jul           | 0.16        | 88        | 13                        | 39         |
| Aug           | 0.16        | 85        | 12                        | 32         |
| Sep           | 0.16        | 82        | 13                        | 44         |
| Oct           | 0.15        | 83        | 15                        | 81         |
| Nov           | 0.15        | 84        | 15                        | 71         |
| Dec           | 0.15        | 85        | 15                        | 65         |
| <b>Yearly</b> | <b>0.15</b> | <b>85</b> | <b>15</b>                 | <b>779</b> |

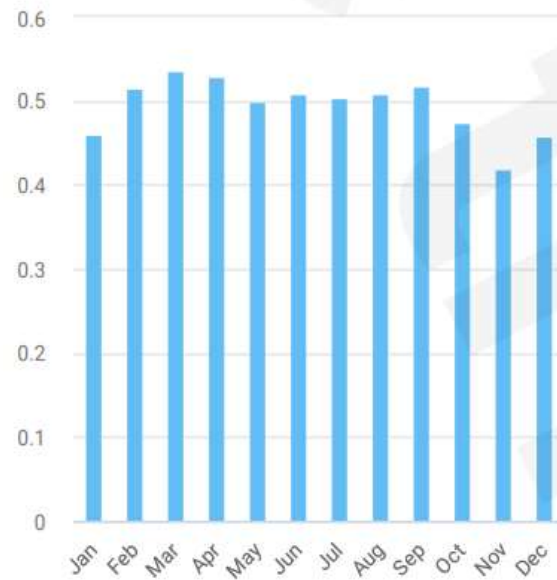
**Figure 3.1:** Global + diffuse horizontal irradiation



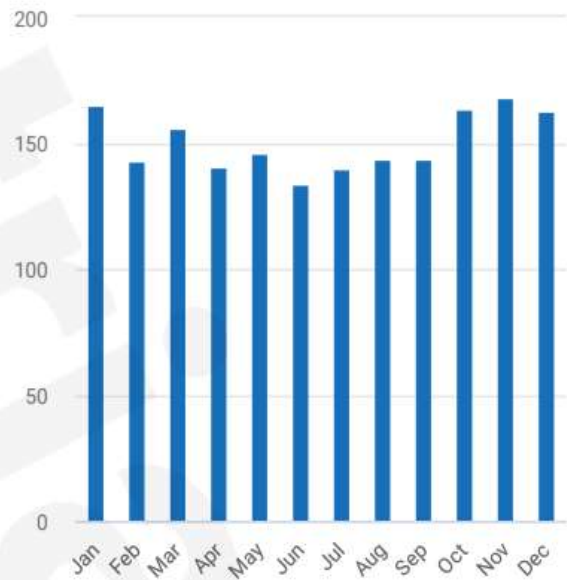
**Figure 3.2:** Direct normal irradiation



**Figure 3.3:** Ratio of diffuse to global irradiation



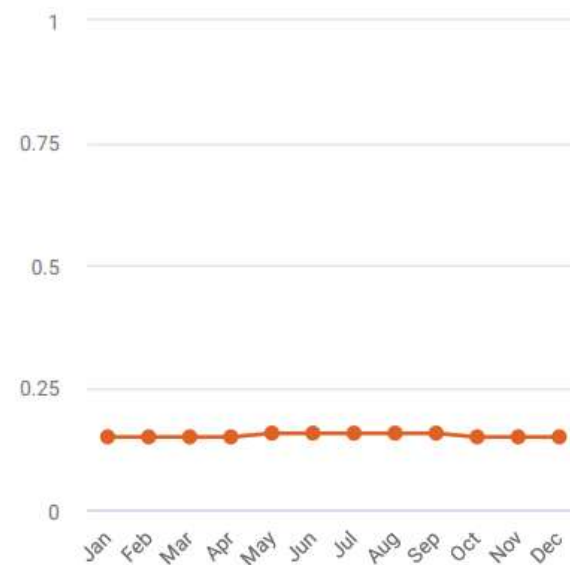
**Figure 3.4:** Global tilted irradiation at optimum angle



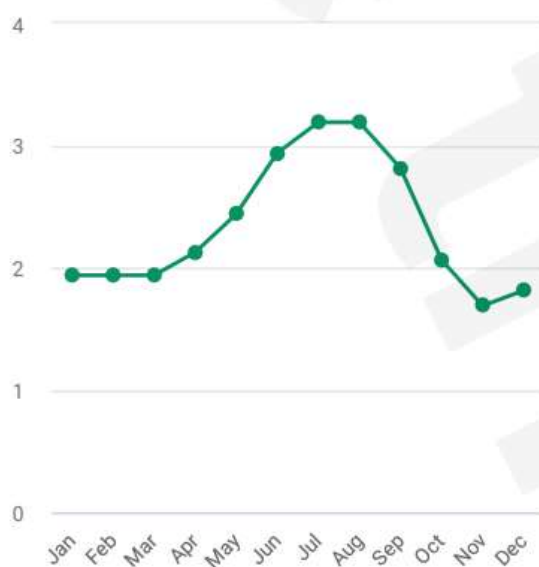
**Figure 3.5: Air temperature**



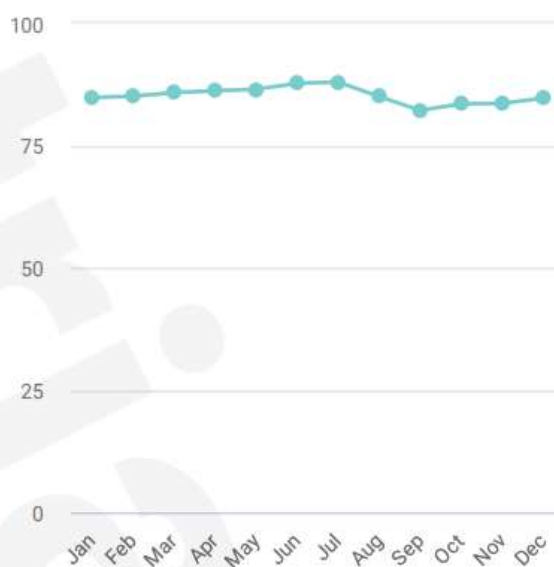
**Figure 3.6: Surface albedo**



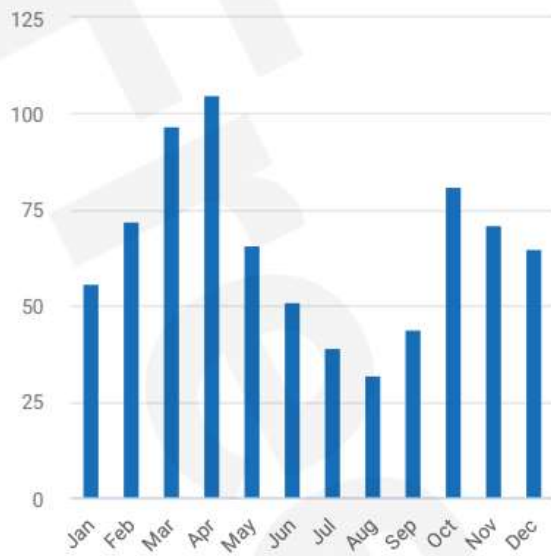
**Figure 3.7: Wind speed**



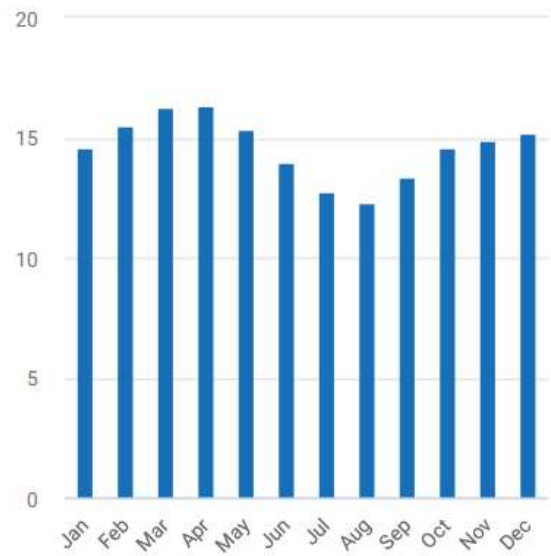
**Figure 3.8: Relative humidity**



**Figure 3.9: Precipitation (rainfall)**



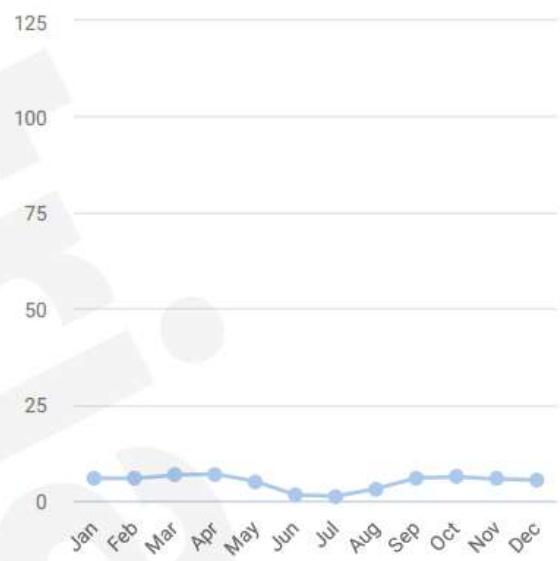
**Figure 3.10: Precipitable water**



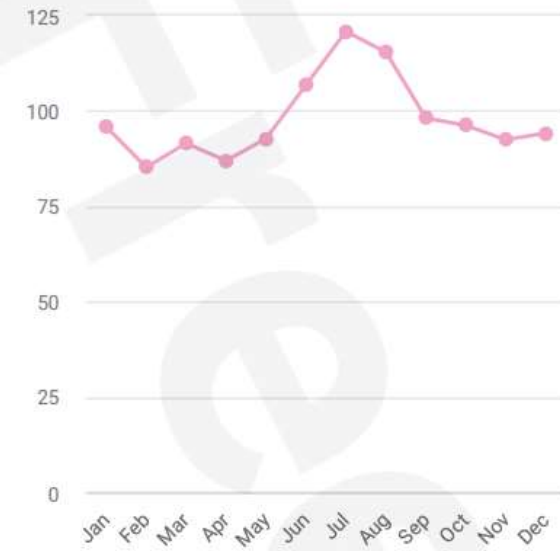
**Figure 3.11: Snow days**



**Figure 3.12: Cooling degree days**



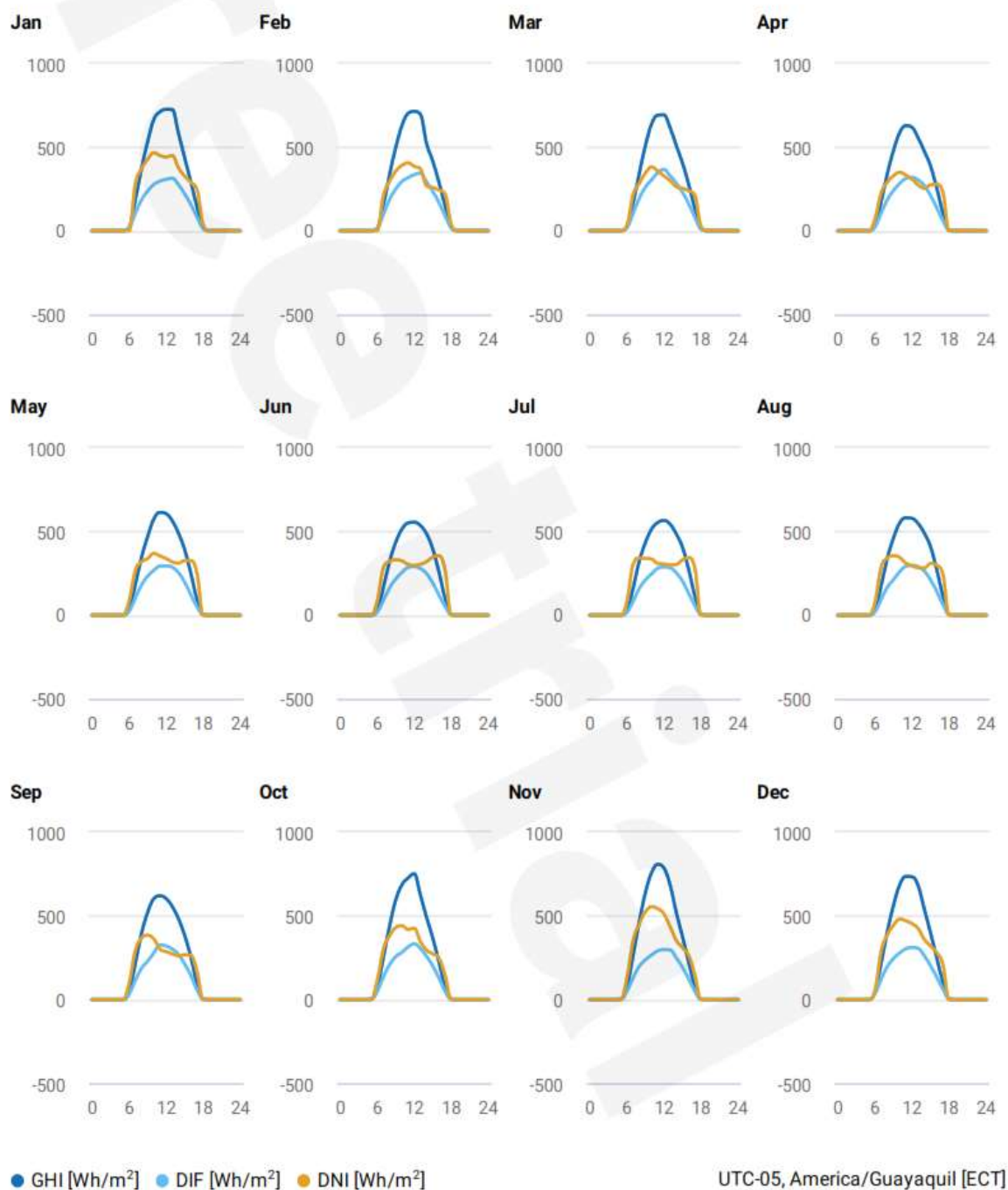
**Figure 3.13:** Heating degree days



## 4 Solar and meteo: Daily statistics

Solar radiation profiles below are calculated as an average of all hourly data for each month. The profiles give an indication of changing patterns of GHI per day, separately for each month. These patterns are driven by local geography, astronomy and climate of the site.

**Figure 4.1:** GHI, DNI, DIF - daily averages



**Table 4.1:** Global horizontal irradiation - hourly averages [Wh/m<sup>2</sup>]

|         | Jan  | Feb  | Mar  | Apr  | May  | Jun  | Jul  | Aug  | Sep  | Oct  | Nov  | Dec  |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0 - 1   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 1 - 2   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 2 - 3   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 3 - 4   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 4 - 5   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 5 - 6   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 0    | 2    | 2    | 1    |
| 6 - 7   | 20   | 15   | 22   | 32   | 34   | 28   | 23   | 28   | 47   | 70   | 74   | 44   |
| 7 - 8   | 183  | 153  | 165  | 174  | 181  | 165  | 161  | 175  | 214  | 252  | 262  | 217  |
| 8 - 9   | 371  | 335  | 342  | 341  | 345  | 320  | 321  | 341  | 394  | 438  | 465  | 406  |
| 9 - 10  | 533  | 498  | 510  | 480  | 469  | 436  | 434  | 461  | 521  | 595  | 639  | 563  |
| 10 - 11 | 665  | 628  | 638  | 587  | 575  | 514  | 514  | 551  | 603  | 685  | 758  | 685  |
| 11 - 12 | 711  | 702  | 691  | 629  | 614  | 551  | 554  | 582  | 620  | 726  | 808  | 735  |
| 12 - 13 | 726  | 714  | 693  | 618  | 606  | 555  | 566  | 579  | 603  | 752  | 786  | 733  |
| 13 - 14 | 725  | 696  | 616  | 555  | 563  | 535  | 544  | 547  | 555  | 624  | 685  | 680  |
| 14 - 15 | 582  | 522  | 509  | 475  | 489  | 486  | 485  | 490  | 482  | 490  | 521  | 540  |
| 15 - 16 | 436  | 416  | 406  | 387  | 391  | 395  | 406  | 409  | 383  | 368  | 377  | 399  |
| 16 - 17 | 292  | 291  | 278  | 257  | 250  | 259  | 275  | 273  | 255  | 225  | 224  | 250  |
| 17 - 18 | 143  | 149  | 134  | 107  | 93   | 99   | 116  | 116  | 94   | 75   | 77   | 105  |
| 18 - 19 | 17   | 20   | 13   | 3    | 2    | 3    | 4    | 4    | 3    | 2    | 2    | 4    |
| 19 - 20 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 20 - 21 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 21 - 22 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 22 - 23 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 23 - 24 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| Sum     | 5402 | 5137 | 5018 | 4644 | 4613 | 4346 | 4403 | 4556 | 4772 | 5303 | 5679 | 5362 |

**Table 4.2:** Direct normal irradiation - hourly averages [Wh/m<sup>2</sup>]

|         | Jan  | Feb  | Mar  | Apr  | May  | Jun  | Jul  | Aug  | Sep  | Oct  | Nov  | Dec  |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0 - 1   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 1 - 2   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 2 - 3   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 3 - 4   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 4 - 5   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 5 - 6   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 6 - 7   | -    | -    | 33   | 71   | 86   | 84   | 80   | 80   | 97   | 114  | 127  | 54   |
| 7 - 8   | 279  | 209  | 215  | 226  | 267  | 283  | 302  | 287  | 293  | 302  | 351  | 288  |
| 8 - 9   | 371  | 295  | 284  | 290  | 317  | 321  | 341  | 340  | 366  | 381  | 451  | 386  |
| 9 - 10  | 427  | 356  | 345  | 328  | 339  | 331  | 339  | 355  | 384  | 430  | 524  | 444  |
| 10 - 11 | 467  | 391  | 382  | 350  | 369  | 324  | 335  | 345  | 362  | 441  | 555  | 481  |
| 11 - 12 | 450  | 406  | 356  | 332  | 354  | 304  | 309  | 311  | 301  | 419  | 543  | 471  |
| 12 - 13 | 441  | 385  | 327  | 309  | 339  | 297  | 306  | 295  | 286  | 426  | 512  | 453  |
| 13 - 14 | 451  | 370  | 300  | 273  | 318  | 303  | 300  | 283  | 273  | 347  | 436  | 424  |
| 14 - 15 | 376  | 269  | 263  | 254  | 311  | 320  | 303  | 282  | 261  | 295  | 354  | 359  |
| 15 - 16 | 327  | 258  | 254  | 274  | 327  | 347  | 330  | 309  | 267  | 273  | 310  | 320  |
| 16 - 17 | 288  | 243  | 239  | 277  | 327  | 355  | 343  | 298  | 264  | 247  | 264  | 280  |
| 17 - 18 | 246  | 219  | 213  | 230  | 250  | 268  | 285  | 246  | 167  | 145  | 150  | 210  |
| 18 - 19 | 36   | 38   | 28   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 19 - 20 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 20 - 21 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 21 - 22 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 22 - 23 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 23 - 24 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| Sum     | 4157 | 3439 | 3238 | 3214 | 3601 | 3538 | 3574 | 3429 | 3321 | 3818 | 4576 | 4169 |

## 5 Acronyms and glossary

**Table 5.1:** Acronyms and glossary

| Acronym         | Full name                                  | Unit               | Explanation                                                                                                                                                                                |
|-----------------|--------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| GHI             | Global horizontal irradiation              | kWh/m <sup>2</sup> | Average annual, monthly or daily sum of global horizontal irradiation                                                                                                                      |
| DNI             | Direct normal irradiation                  | kWh/m <sup>2</sup> | Average yearly, monthly or daily sum of direct normal irradiation                                                                                                                          |
| DIF             | Diffuse horizontal irradiation             | kWh/m <sup>2</sup> | Average yearly, monthly or daily sum of diffuse horizontal irradiation                                                                                                                     |
| D2G             | Ratio of diffuse to global irradiation     |                    | Ratio of diffuse horizontal irradiation and global horizontal irradiation (DIF/GHI)                                                                                                        |
| GTI opta        | Global tilted irradiation at optimum angle | kWh/m <sup>2</sup> | Average annual, monthly or daily sum of global tilted irradiation for PV modules fix-mounted at optimum angle                                                                              |
| OPTA            | Optimum tilt of PV modules                 | °                  | Optimum tilt of fix-mounted PV modules facing towards Equator set for maximizing GTI input                                                                                                 |
| GHI season      | GHI seasonality                            |                    | Ratio of maximum and minimum monthly averages of global horizontal irradiation (GHI_month_max/GHI_month_min)                                                                               |
| DNI season      | DNI seasonality                            |                    | Ratio of maximum and minimum monthly averages of direct normal irradiation (DNI_month_max/DNI_month_min)                                                                                   |
| ALB             | Surface albedo                             |                    | Fraction of solar irradiance reflected by surface. Ratio of upwelling to downwelling (GHI) radiative fluxes at the surface                                                                 |
| GTI theoretical | Global tilted irradiation (theoretical)    | kWh/m <sup>2</sup> | Average annual, monthly or daily sum of global tilted irradiation without consideration of terrain shading                                                                                 |
| TEMP            | Air temperature                            | °C                 | Average yearly, monthly and daily air temperature at 2 m above ground                                                                                                                      |
| WS              | Wind speed                                 | m/s                | Average yearly, monthly and daily wind speed at 10 m above ground                                                                                                                          |
| RH              | Relative humidity                          | %                  | Average yearly or monthly relative humidity at 2 m above ground                                                                                                                            |
| PWAT            | Precipitable water                         | kg/m <sup>2</sup>  | Precipitable water is the depth of water vapour in a column of the atmosphere, if all the water in that column were precipitated as rain. It indicates the amount of moisture above ground |
| PREC            | Precipitation (rainfall)                   | mm                 | Average yearly and monthly sums of precipitation                                                                                                                                           |
| SNOWD           | Snow days                                  | days               | Snow days are calculated as days with snow water depth equivalent to or higher than 5 mm                                                                                                   |

**ANEXO 11.** Datos de radiación solar y temperatura de los parques de la ciudad de Cuenca, obtenidos con la aplicación PVsyst.



PVsyst V7.2.4

**Geographical Site**  
Parque Miraflores  
Ecuador

**Situation**  
Latitude -2.88 °S  
Longitude -78.99 °W  
Altitude 2540 m  
Time zone UTC-5

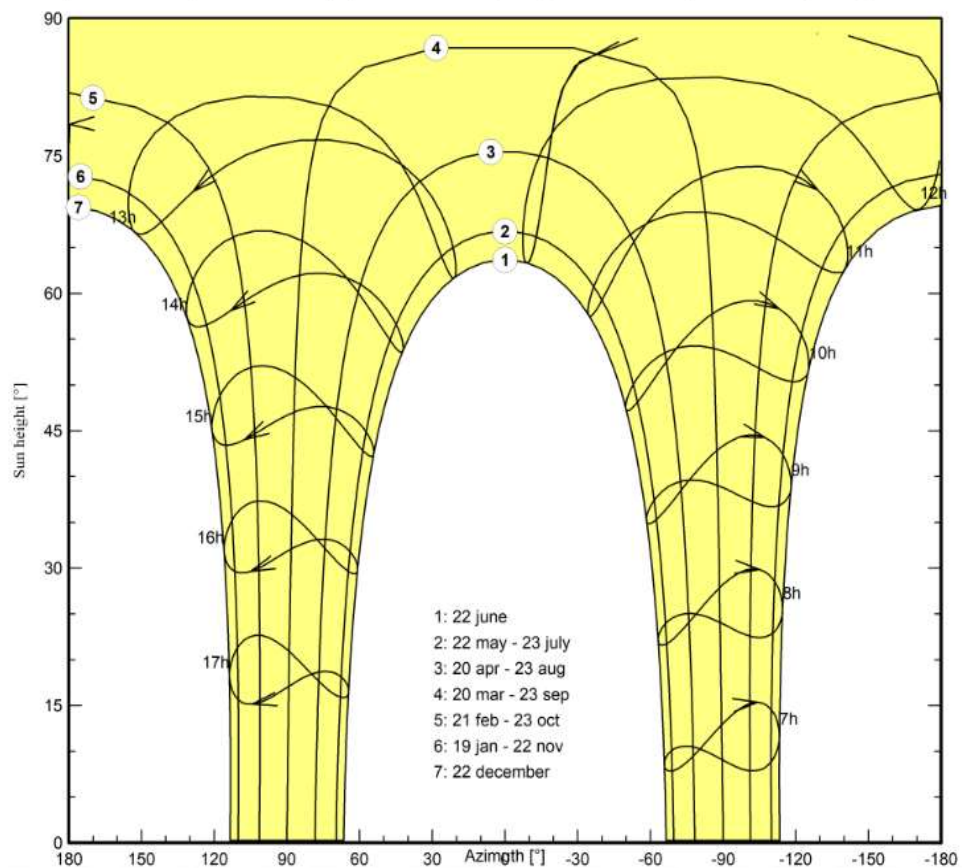
**Monthly Meteo Values**

Source NASA-SSE satellite data 1983-2005

|                    | Jan.  | Feb.  | Mar.  | Apr.  | May   | June  | July  | Aug.  | Sep.  | Oct.  | Nov.  | Dec.  | Year   |                    |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------------------|
| Horizontal global  | 136.1 | 119.0 | 138.0 | 129.9 | 129.9 | 124.5 | 129.9 | 139.2 | 136.5 | 140.7 | 141.9 | 141.7 | 1607.2 | kWh/m <sup>2</sup> |
| Horizontal diffuse | 68.5  | 64.4  | 72.9  | 65.4  | 62.0  | 56.4  | 59.5  | 64.2  | 67.8  | 71.3  | 66.3  | 67.3  | 785.9  | kWh/m <sup>2</sup> |
| Extraterrestrial   | 321.3 | 296.5 | 326.7 | 301.6 | 291.1 | 269.3 | 282.1 | 299.8 | 307.9 | 325.7 | 311.7 | 317.4 | 3651.2 | kWh/m <sup>2</sup> |
| Clearness Index    | 0.424 | 0.401 | 0.422 | 0.431 | 0.446 | 0.462 | 0.460 | 0.464 | 0.443 | 0.432 | 0.455 | 0.446 | 0.440  | ratio              |
| Ambient Temper.    | 17.8  | 17.7  | 18.0  | 17.6  | 17.1  | 16.7  | 16.8  | 17.9  | 18.9  | 19.5  | 18.9  | 18.1  | 17.9   | °C                 |

**Monthly Meteo Values**

**Solar paths at Parque Miraflores, (Lat. -2.8835° S, long. -78.9942° W, alt. 2540 m) - Legal Time**





PVsyst V7.2.4

**Geographical Site**  
Parque Tarqui - Guzho  
Ecuador

**Situation**  
Latitude -2.92 °S  
Longitude -79.03 °W  
Altitude 2549 m  
Time zone UTC-5

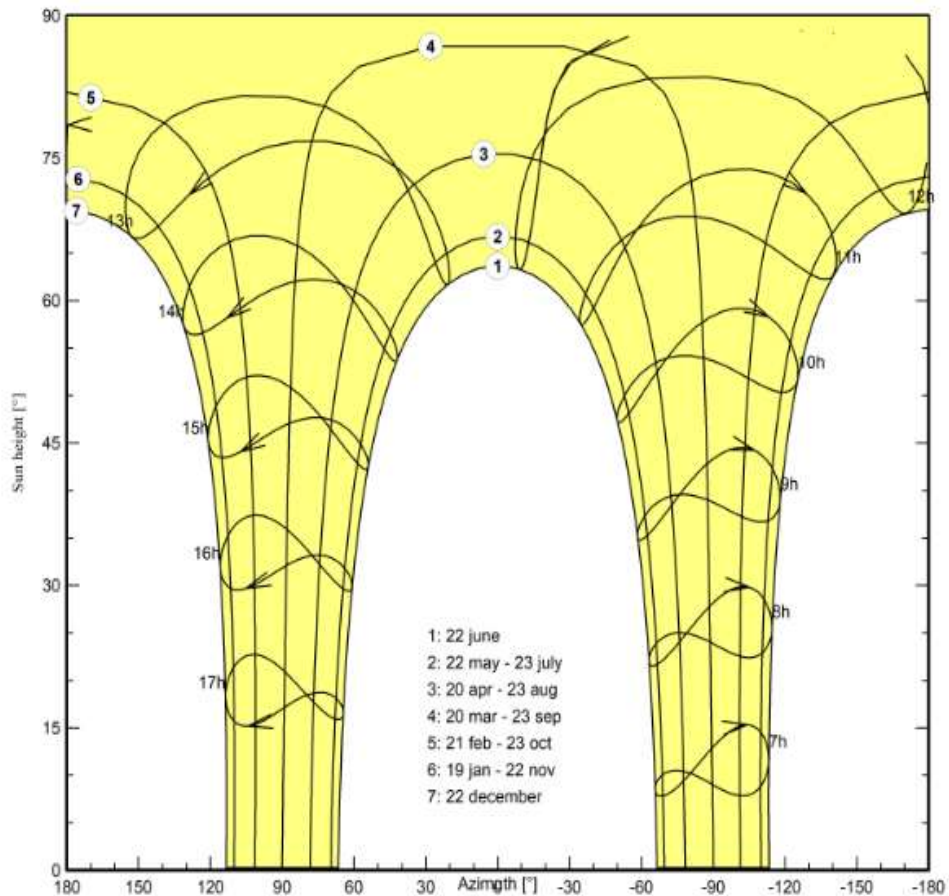
#### Monthly Meteo Values

Source NASA-SSE satellite data 1983-2005

|                    | Jan.  | Feb.  | Mar.  | Apr.  | May   | June  | July  | Aug.  | Sep.  | Oct.  | Nov.  | Dec.  | Year  |                         |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------------|
| Horizontal global  | 4.49  | 4.59  | 5.04  | 4.91  | 4.51  | 4.18  | 4.01  | 4.50  | 4.74  | 4.51  | 4.72  | 4.71  | 4.58  | kWh/m <sup>2</sup> /day |
| Horizontal diffuse | 2.20  | 2.31  | 2.33  | 2.14  | 1.96  | 1.87  | 1.93  | 2.07  | 2.25  | 2.30  | 2.20  | 2.15  | 2.14  | kWh/m <sup>2</sup> /day |
| Extraterrestrial   | 10.37 | 10.59 | 10.54 | 10.05 | 9.39  | 8.97  | 9.10  | 9.67  | 10.26 | 10.51 | 10.39 | 10.24 | 10.00 | kWh/m <sup>2</sup> /day |
| Cleanness Index    | 0.433 | 0.433 | 0.478 | 0.488 | 0.480 | 0.466 | 0.441 | 0.465 | 0.462 | 0.429 | 0.454 | 0.460 | 0.457 | ratio                   |
| Ambient Temper.    | 21.9  | 21.7  | 21.8  | 22.2  | 22.2  | 21.9  | 22.0  | 22.7  | 23.2  | 23.0  | 22.3  | 22.1  | 22.2  | °C                      |

#### Monthly Meteo Values

Solar paths at Parque Tarqui - Guzho, (Lat. -2.9201° S, long. -79.0286° W, alt. 2549 m) - Legal Time

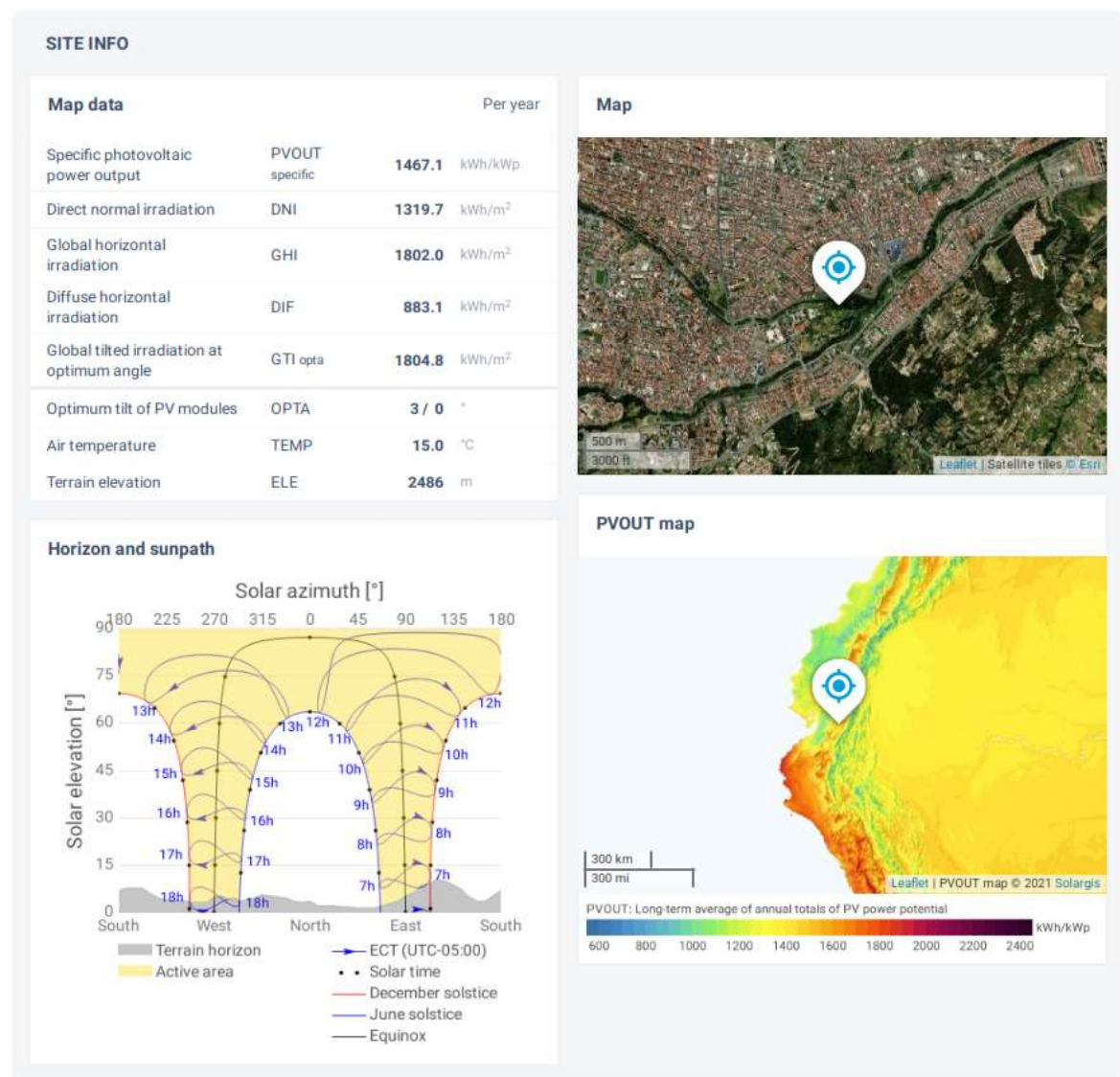


**ANEXO 12.** Datos de radiación solar y temperatura de los parques de la ciudad de Cuenca, obtenidos con la aplicación Global Solar Atlas.

**GLOBAL SOLAR ATLAS**  
BY WORLD BANK GROUP

**Cañaribamba**  
-02.90883°,-078.9875°  
Avenida Pumapungo, Cañaribamba, Azuay, Ecuador  
Time zone: UTC-05, America/Guayaquil [ECT]

Report generated: 19 Jul 2021



GLOBAL SOLAR ATLAS  
BY WORLD BANK GROUP

PV ELECTRICITY AND SOLAR RADIATION

Annual averages

Direct normal irradiation

1341.3

kWh/m<sup>2</sup> per year

Monthly averages

Direct normal irradiation



Average hourly profiles

Direct normal irradiation [Wh/m<sup>2</sup>]



Average hourly profiles

Direct normal irradiation [Wh/m<sup>2</sup>]

|         | Jan  | Feb  | Mar  | Apr  | May  | Jun  | Jul  | Aug  | Sep  | Oct  | Nov  | Dec  |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0 - 1   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1 - 2   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 2 - 3   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 3 - 4   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 4 - 5   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 5 - 6   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 6 - 7   |      |      | 33   | 71   | 86   | 84   | 80   | 80   | 97   | 114  | 127  | 54   |
| 7 - 8   | 279  | 209  | 215  | 226  | 267  | 283  | 302  | 287  | 293  | 302  | 351  | 288  |
| 8 - 9   | 371  | 295  | 284  | 290  | 317  | 321  | 341  | 340  | 366  | 381  | 451  | 386  |
| 9 - 10  | 427  | 356  | 345  | 328  | 339  | 331  | 339  | 355  | 384  | 430  | 524  | 444  |
| 10 - 11 | 467  | 391  | 382  | 350  | 369  | 324  | 335  | 345  | 362  | 441  | 555  | 481  |
| 11 - 12 | 450  | 406  | 356  | 332  | 354  | 304  | 309  | 311  | 301  | 419  | 543  | 471  |
| 12 - 13 | 441  | 385  | 327  | 309  | 339  | 297  | 306  | 295  | 286  | 426  | 512  | 453  |
| 13 - 14 | 451  | 370  | 300  | 273  | 318  | 303  | 300  | 283  | 273  | 347  | 436  | 424  |
| 14 - 15 | 376  | 269  | 263  | 254  | 311  | 320  | 303  | 282  | 261  | 295  | 354  | 359  |
| 15 - 16 | 327  | 258  | 254  | 274  | 327  | 347  | 330  | 309  | 267  | 273  | 310  | 320  |
| 16 - 17 | 288  | 243  | 239  | 277  | 327  | 355  | 343  | 298  | 264  | 247  | 264  | 280  |
| 17 - 18 | 246  | 219  | 213  | 230  | 250  | 268  | 265  | 246  | 167  | 145  | 150  | 210  |
| 18 - 19 | 36   | 38   | 28   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 19 - 20 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 20 - 21 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 21 - 22 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 22 - 23 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 23 - 24 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Sum     | 4157 | 3439 | 3238 | 3214 | 3601 | 3538 | 3574 | 3429 | 3321 | 3818 | 4576 | 4169 |

## ANEXO 13. Catálogos de los equipos del sistema fotovoltaico

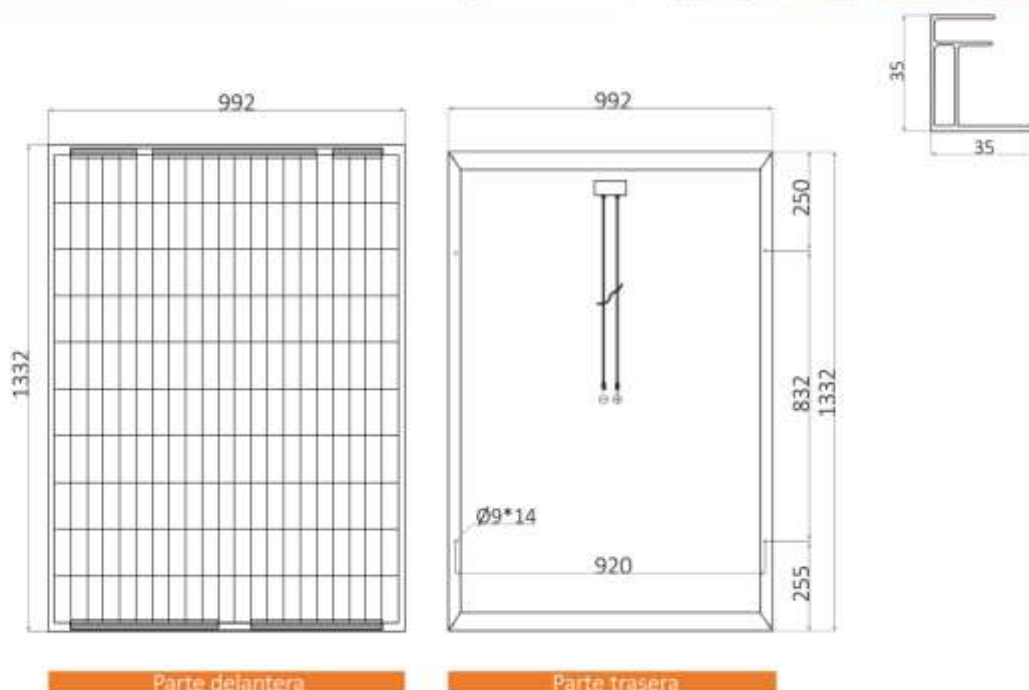


# Panel Solar 200W 12V



## Especificaciones

|                                   |                                     |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Tamaño del módulo</b>          | <b>1332 x 992 x 35 mm</b>           |
| Tipo de célula                    | Policristalina 104 x 156 mm         |
| Número de células                 | 72 (6x12)                           |
| Potencia máxima (Wp)              | 200W                                |
| Tolerancia de potencia (%)        | ±3%                                 |
| Voltaje en circuito abierto (Voc) | 22.7V                               |
| Intensidad en cortocircuito (Isc) | 11.86A                              |
| Voltaje a máxima potencia (Vm)    | 18.2V                               |
| Intensidad a máxima potencia (Im) | 11A                                 |
| Fusible máximo Serie              | 15A                                 |
| Número de diodos                  | 3                                   |
| Longitud y tipo cable             | 90cm, 4mm <sup>2</sup>              |
| Condiciones del test              | 1000W/m <sup>2</sup> , 25°C, AM 1.5 |
| Voltaje máximo sistema            | 1000Vdc                             |
| Coefficiente temperatura – Isc    | +0.08558%/°C                        |
| Coefficiente temperatura – Uoc    | -0.29506%/°C                        |
| Coefficiente temperatura – Pmpp   | -0.38001%/°C                        |
| Temperatura normal trabajo célula | 45°C                                |
| Eficiencia del módulo             | 15.1%                               |
| Certificados de producto          | TUV(IEC 61215, IEC 61730), CE, ROHS |
| Certificados de la empresa        | ISO9001, ISO14001, ISO18001         |
| Peso                              | 14.2Kg                              |



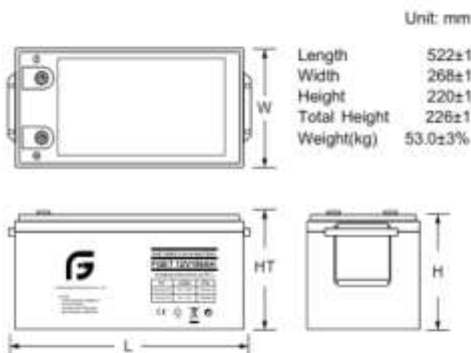


### GENERAL FEATURES

- **GEL Technology** - DG batteries comes from the internationally superior Gel technology. It is ideal for standby or frequent cyclic discharge applications under extreme environments.
- **Long Life Time** - By using strong grids, high purity lead and patented Gel electrolyte, the DGseries offers excellent recovery after deep discharge under frequent cyclidischarge use, and can deliver 400 cycles at 100% DOD.
- **Maintenance-Free, Non-Spillable** - Proven VRLA technology guarantees safe operation without maintenance and 'non- restricted article' status for transportation.
- **Excellent Recovery from Deep Cycle** - Unique technical processes are used into the grid alloy and electrolyte additive, in this case the battery can be recharged after being over-discharged.
- **Designed-In Reliability** - Cutting-edge manufacturing and process control combined with meticulous quality assurance procedures guarantee consistent and dependable performance

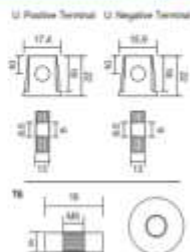
### PERFORMANCE SPECIFICATIONS

#### GENERAL FEATURES mm

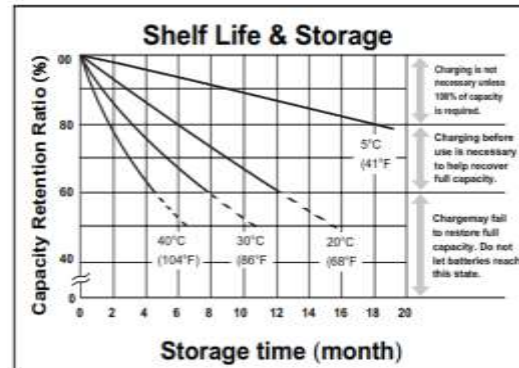
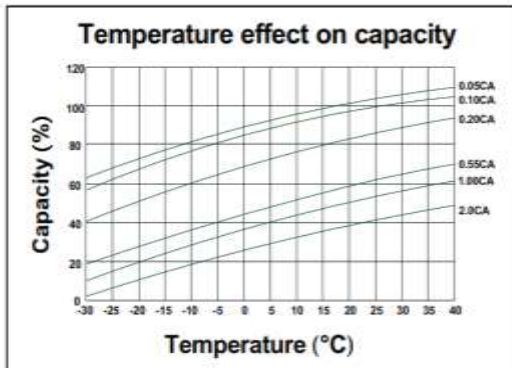
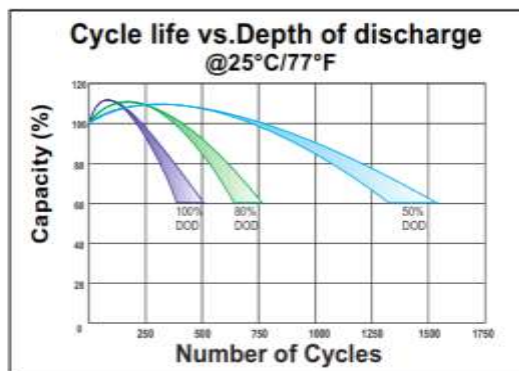
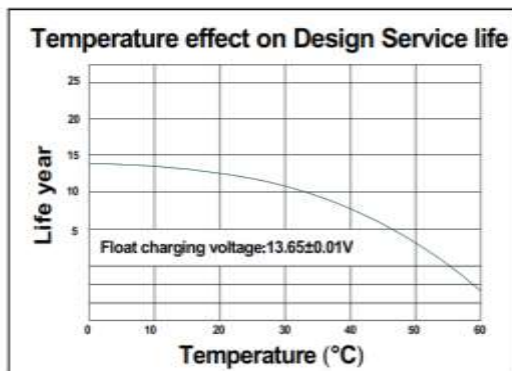
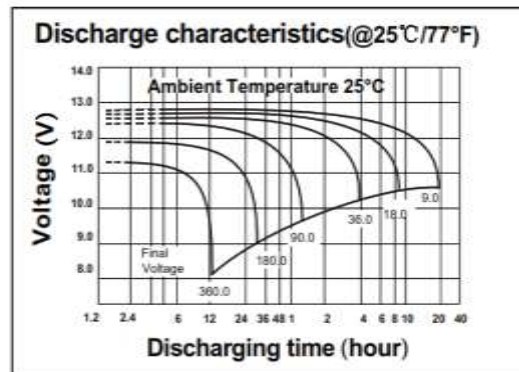
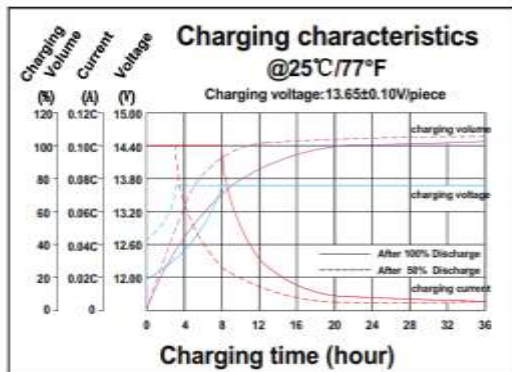


#### TERMINALS mm

- U: Universal terminals: Heavy-duty posts with 'nut & bolt' fasteners
- T6: Threaded insert w. 6 mm stud fastener



|                                                |                                             |               |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------|
| Nominal Voltage                                | 12V(6 cells)                                |               |
| Design Floating Life @25°C                     | 12 Years                                    |               |
| Nominal Capacity @25°C                         | 20 hour rate<br>9.00A to 10.50V             | 180.00Ah      |
|                                                | 10 hour rate<br>15.80A to 10.50V            | 158.00Ah      |
|                                                | 5 hour rate<br>27.60A to 10.20V             | 138.00Ah      |
|                                                | 3 hour rate<br>41.50A to 9.90V              | 124.50Ah      |
|                                                | 1 hour rate<br>100.60A to 9.60V             | 100.60Ah      |
|                                                | Full Charged Battery@25°C                   | <5.5mΩ        |
| Internal Resistance                            |                                             |               |
| Energy Density (20-hr. rate)                   | 89.56W-h/l                                  |               |
| Specific Energy (20-hr. rate)                  | 40.75W-h/kg                                 |               |
| Shelf Life<br>(nominal capacity at 20°C)       | 1 Month                                     | 97%           |
|                                                | 3 Months                                    | 91%           |
|                                                | 6 Months                                    | 83%           |
| Max.Discharge Current@25°C                     | 7 Min.                                      | 539.28A       |
| Max Short-Duration Discharge Current           | 10 Sec                                      | 1219.8A       |
| Standby Use Charge<br>(Constant Voltage) @25°C | Initial Charging Current<br>Less than 54.0A |               |
|                                                | Voltage 13.6-13.8V                          |               |
| Cycle Use Charge<br>(Constant Voltage) @25°C   | Initial Charging Current<br>Less than 54.0A |               |
|                                                | Voltage 14.2-14.4 V                         |               |
| Operating Temperature Range                    | Charge                                      | -20°C to 50°C |
|                                                | Discharge                                   | -40°C to 60°C |



**CONSTANT CURRENT DISCHARGE RATINGS (Amperes at 25°C)**

| F.V./Time | 10MIN | 15MIN | 30MIN | 1HR   | 2HR  | 3HR  | 4HR  | 5HR  | 8HR  | 10HR | 20HR |
|-----------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| 9.60V     | 306.8 | 246.3 | 165.0 | 100.6 | 60.2 | 41.6 | 34.1 | 27.9 | 19.2 | 16.3 | 9.90 |
| 10.0V     | 291.9 | 241.2 | 163.6 | 100.2 | 59.8 | 41.5 | 33.9 | 27.8 | 19.1 | 16.1 | 9.54 |
| 10.2V     | 281.6 | 237.4 | 162.6 | 99.2  | 59.3 | 41.1 | 33.8 | 27.6 | 18.9 | 15.9 | 9.27 |
| 10.5V     | 263.0 | 228.7 | 160.1 | 98.3  | 58.8 | 41.0 | 33.5 | 27.3 | 18.8 | 15.8 | 9.00 |
| 10.8V     | 242.6 | 213.3 | 154.5 | 96.0  | 57.8 | 39.9 | 32.7 | 26.8 | 18.4 | 15.6 | 8.46 |
| 11.1V     | 219.3 | 193.5 | 146.1 | 91.2  | 55.2 | 38.1 | 31.1 | 25.6 | 17.7 | 15.2 | 8.10 |

**Future Green Technology Co., Ltd.**

Building B, Shangsheng Industry Park, Baiyun District, Guangzhou, China.  
Email: sales@fget4u.com Tel: +86-020-31230665

[www.fget4u.com](http://www.fget4u.com)



**samlexamerica®**

**600W**



## DC-AC Inverter Pure Sine Wave

Model  
PST-600-12  
12 VDC- 120 VAC  
PST-600-24  
24 VDC- 120 VAC

### Design Features

- High efficiency
- Temperature controlled cooling fan – reduces energy consumption
- Low RF emissions
- Wide operating DC input range: 10.7 - 16.5 VDC / 21.4 - 33.0 VDC
- Commercial grade design suitable for heavy duty loads, long periods of continuous operation & for emergency back up
- UPC – Universal Protection Circuit: low voltage, over voltage, over temperature, over load and short circuit
- Low idle power draw
- Dual GFCI protected AC outlets
- Optional remote control (sold separately): Model RC-15A
- Comes with pin-type battery cable lugs
- Safety certified to UL & CSA standards, FCC compliant
- Remote Input – Use to turn inverter ON or OFF with ignition start or any other Remote ON/OFF switch

**3 YEAR LIMITED WARRANTY**



| MODEL NO.             |                                               | PST-600-12                                                                                               | PST-600-24                                  |
|-----------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| OUTPUT                | OUTPUT VOLTAGE                                | 120 VAC $\pm$ 3%                                                                                         | 120 VAC $\pm$ 3%                            |
|                       | MAXIMUM OUTPUT CURRENT                        | 5.1A                                                                                                     | 5.1A                                        |
|                       | OUTPUT FREQUENCY                              | 60 Hz $\pm$ 1%                                                                                           | 60 Hz $\pm$ 1%                              |
|                       | TYPE OF OUTPUT WAVEFORM                       | Pure Sine Wave                                                                                           | Pure Sine Wave                              |
|                       | TOTAL HARMONIC DISTORTION OF OUTPUT WAVEFORM  | < 3%                                                                                                     | < 3%                                        |
|                       | CONTINUOUS OUTPUT POWER (At Power Factor = 1) | 600 Watts                                                                                                | 600 Watts                                   |
|                       | SURGE OUTPUT POWER                            | 1000 Watts (< 8 ms)                                                                                      | 1000 Watts (< 8 ms)                         |
|                       | PEAK EFFICIENCY                               | > 85%                                                                                                    | > 85%                                       |
| AC OUTPUT CONNECTIONS |                                               | NEMA5-20R GFCI Duplex Outlets                                                                            | NEMA5-20R GFCI Duplex Outlets               |
| INPUT                 | NOMINAL DC INPUT VOLTAGE                      | 12V                                                                                                      | 24V                                         |
|                       | DC INPUT VOLTAGE RANGE                        | 10.7 - 16.5 VDC                                                                                          | 21.4 - 33 VDC                               |
|                       | MAXIMUM INPUT CURRENT                         | 80A                                                                                                      | 40A                                         |
|                       | DC INPUT CURRENT AT NO LOAD                   | < 600 mA                                                                                                 | < 450 mA                                    |
| DISPLAY               | DC INPUT CONNECTIONS                          | Tubular hole diameter: 11 mm / 0.433" ; M8 Set Screw                                                     |                                             |
|                       | LED                                           | Power, Overload, Over Temperature                                                                        | Power, Overload, Over Temperature           |
| PROTECTIONS           | LOW DC INPUT VOLTAGE ALARM                    | 10.7V $\pm$ 0.1V                                                                                         | 21.4V $\pm$ 0.2V                            |
|                       | LOW DC INPUT VOLTAGE SHUTDOWN                 | 10V $\pm$ 0.1V ; Auto-reset: 11.5V $\pm$ 0.3V                                                            | 20V $\pm$ 0.2V ; Auto-reset: 23V $\pm$ 0.5V |
|                       | HIGH DC INPUT VOLTAGE SHUTDOWN                | 16.5V ; Auto-reset: < 16.5V                                                                              | 33V ; Auto-reset: < 33V                     |
|                       | SHORT CIRCUIT SHUTDOWN                        | When output voltage drops to 80V or lower for up to 2.5 sec                                              |                                             |
|                       | OVERLOAD SHUTDOWN                             | At overload of 110% to 115% for 2 to 2.5 sec                                                             |                                             |
|                       | GROUND FAULT SHUTDOWN                         | Through GFCI outlets (5 to 6 mA leakage)                                                                 |                                             |
|                       | OVER TEMPERATURE SHUTDOWN                     | 90°C $\pm$ 5°C ; Auto reset at 65°C $\pm$ 5°C                                                            |                                             |
|                       | REVERSE POLARITY ON DC INPUT SIDE             | External / internal DC sides fuses will blow                                                             |                                             |
| REMOTE                | WIRED REMOTE CONTROL (OPTIONAL)               | RC-15A (sold separately) with 15' cable                                                                  |                                             |
| COOLING               | FORCED AIR COOLING                            | Temperature controlled fan                                                                               |                                             |
|                       |                                               | Fan ON at 55°C $\pm$ 3°C; Fan OFF at 45°C $\pm$ 3°C                                                      |                                             |
| COMPLIANCE            | SAFETY                                        | Intertek - ETL Listed. Conforms to ANSI/UL Standard 458 and certified to CSA Standard C22.2 No. 107.1-01 |                                             |
|                       | EMI / EMC                                     | FCC Part 15(B), Class B                                                                                  |                                             |
| ENVIRONMENT           | OPERATING TEMPERATURE RANGE                   | Operating temperature -20 to 40°C / -4 to 104°F                                                          |                                             |
|                       |                                               | Storage temperature -30 to 70°C / -22 to 158°F                                                           |                                             |
| DIMENSIONS            | (W X D X H), MM                               | 238 x 276.2 x 82                                                                                         | 238 x 276.2 x 82                            |
|                       | (W X D X H), INCHES                           | 9.37 x 10.87 x 3.23                                                                                      | 9.37 x 10.87 x 3.23                         |
| WEIGHT                | KG                                            | 2.7                                                                                                      | 2.7                                         |
|                       | LBS                                           | 5.9                                                                                                      | 5.9                                         |

NOTE: Specifications are subject to change without notice.

12001-PST-600-12-24-1119

## Controladores de carga SmartSolar MPPT 100/30 & 100/50

[www.victronenergy.com](http://www.victronenergy.com)



Controlador de carga SmartSolar  
MPPT 100/50

### Bluetooth Smart integrado; no necesita mochila

La solución inalámbrica para configurar, supervisar y actualizar el controlador con un teléfono inteligente, una tableta u otro dispositivo Apple o Android.

### VE.Direct

Para una conexión de datos con cable a un Color Control, un Venus GX, un PC u otros dispositivos.

### Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT).

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

### Detección avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial

En caso de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales suelen seleccionar un MPP local, que no necesariamente es el MPP óptimo.

El innovador algoritmo de BlueSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

### Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

Corriente de salida completa hasta los 40°C (104°F).

### Algoritmo de carga flexible

Un algoritmo de carga totalmente programable (consulte la página de *software* de nuestra página web) y ocho algoritmos de carga preprogramados, que se pueden elegir con un selector giratorio (consulte más información en el manual).

### Amplia protección electrónica

Protección de sobretensión y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

Protección de corriente inversa FV.

### Sensor de temperatura interna

Compensa la tensión de carga de absorción y flotación en función de la temperatura.

### Opciones de datos en pantalla en tiempo real

- Smartphones, tabletas y otros dispositivos Apple y Android

- Panel ColorControl.

| Controlador de carga SmartSolar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | MPPT 100/30                                                                                                                               | MPPT 100/50 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Tensión de la batería                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Selección automática 12/24V                                                                                                               |             |
| Corriente de carga nominal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 30A                                                                                                                                       | 50A         |
| Potencia FV nominal, 12V 1a,b)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 440W                                                                                                                                      | 700W        |
| Potencia FV nominal, 24V 1a,b)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 880W                                                                                                                                      | 1400W       |
| Tensión máxima del circuito abierto FV                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 100V                                                                                                                                      | 100V        |
| Máxima corriente de corto circuito FV 2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 35A                                                                                                                                       | 60A         |
| Eficiencia máxima                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 98%                                                                                                                                       | 98%         |
| Autoconsumo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 10 mA                                                                                                                                     |             |
| Tensión de carga de "absorción"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Valores predeterminados: 14,4V / 28,8V (ajustable)                                                                                        |             |
| Tensión de carga de "flotación"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Valores predeterminados: 13,8V / 27,6V (ajustable)                                                                                        |             |
| Algoritmo de carga                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | adaptativo multifase                                                                                                                      |             |
| Compensación de temperatura                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | -16 mV / °C, -32 mV / °C resp.                                                                                                            |             |
| Protección                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario)<br>Polaridad inversa FV<br>Cortocircuito de salida<br>Sobretensión |             |
| Temperatura de trabajo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40 °C)                                                                               |             |
| Humedad                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 95%, sin condensación                                                                                                                     |             |
| Puerto de comunicación de datos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | VE Direct<br>Consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web                                                    |             |
| CARCASA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                           |             |
| Color                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Azul (RAL 5012)                                                                                                                           |             |
| Terminales de conexión                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 13 mm² / AWG6                                                                                                                             |             |
| Grado de protección                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)                                                                                  |             |
| Peso                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1,3 kg                                                                                                                                    |             |
| Dimensiones (al x an x p)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 130 x 186 x 70 mm                                                                                                                         |             |
| NORMATIVAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                           |             |
| Seguridad                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | EN/IEC 62109-1                                                                                                                            |             |
| 1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia.<br>1b) La tensión FV debe exceder Vbat + 1V para que arranque el controlador.<br>Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.<br>2) Una corriente de cortocircuito más alta podría dañar el controlador en caso de polaridad inversa de los paneles FV. |                                                                                                                                           |             |

**ANEXO 14.** Encuesta de aceptación del uso energía solar fotovoltaica en el negocio  
“Mobile-Juice”

|                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Correo *</p> <p>Tu dirección de correo electrónico _____</p>                                                                                                                                                                |
| <p>Nombre y Apellido *</p> <p>Tu respuesta _____</p>                                                                                                                                                                           |
| <p>1. Conoce sobre la energía renovable *</p> <p><input type="radio"/> Sí</p> <p><input type="radio"/> No</p>                                                                                                                  |
| <p>2. Considera que la implementación de energías renovables serían la solución para dar cobertura a los lugares donde no cuentan con energía eléctrica. *</p> <p><input type="radio"/> Sí</p> <p><input type="radio"/> No</p> |
| <p>3. ¿Cuál es su opinión sobre la generación de electricidad a partir de fuentes de energías renovables? *</p> <p><input type="radio"/> A favor</p> <p><input type="radio"/> En contra</p>                                    |

4. ¿Cree usted que las energías renovables constituyen nuestro futuro energético? \*

☐ Sí

☐ No

5. Ha escuchado hablar o tiene alguna información acerca de la energía solar fotovoltaica (paneles solares) para el abastecimiento de energía eléctrica \*

☐ Sí

☐ No

6. La información que tiene acerca de la energía solar está relacionada con: \*

☐ Es una forma de obtener electricidad sin contaminación ambiental

☐ Es una forma de obtener electricidad de una manera fácil y barata

☐ Es una forma de obtener electricidad de una manera difícil y costosa

7. ¿Conoce usted algún sistema o equipo que tenga implementado paneles solares fotovoltaicos? \*

☐ Sí

☐ No

8. En su opinión, ¿Cuáles son los mayores obstáculos al desarrollo de la energía solar? \*

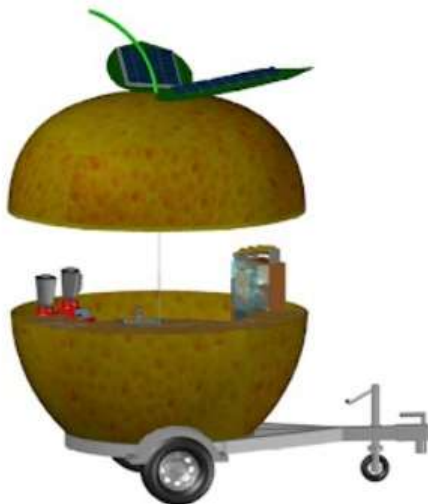
☐ Financiamiento

☐ Accesibilidad a la red eléctrica

9. ¿Por qué no aceptaría la instalación de paneles solares o el uso de energía solar para obtener energía eléctrica? \*

- ☐ Por ser riesgosa
- ☐ Por el desconocimiento sobre su utilización
- ☐ Por el desconocimiento sobre su funcionamiento
- ☐ Por el costo

10. De ejecutarse un proyecto como el de “Mobile – Juice” a través del apoyo económico de los entes gubernamentales. ¿Usted implementaría el proyecto en su negocio? \*



- ☐ Sí
- ☐ No

11. De acuerdo al estudio realizado para el proyecto “Mobile – Juice” se ha determinado una inversión de \$1859 ¿Usted estaría dispuesto/a ha realizar esta inversión? sabiendo que la inversión será recuperada en los primero 8 años y que los paneles solares tienen una vida útil aproximada de 20 años. \*

- ☐ Sí
- ☐ No

12. Según su criterio este proyecto será beneficioso para la sociedad, en que ámbito: \*

- ☐ Ambiental
- ☐ Económico
- ☐ Turismo

13. De ejecutarse este proyecto usted apoyaría esta innovación adquiriendo los productos de venta \*

- ☐ Sí
- ☐ No

14. ¿En qué zona cree usted que tendría más impacto este proyecto? \*

- ☐ Zona urbana
- ☐ Zona rural
- ☐ Zona urbano marginal

15. ¿Conoce usted si en la ciudad de Cuenca se aprovecha la energía solar? \*

- ☐ Sí
- ☐ No

16. ¿Cree que es importante tener una ordenanza en la ciudad y obtener un permiso para que transiten libremente estos novedosos negocios o dejar a libertad motivando el uso de las energías renovables? \*

- ☐ Se debe crear una ordenanza que controle este tipo de negocios
- ☐ Se debe permitir la libre circulación de este tipo de emprendimientos

## AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, **Evelyn Estefanía Delgado Quituisaca** portadora de la cédula de ciudadanía N.º 0106002520. En calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Uso de Energía Solar Fotovoltaica para la Alimentación de un Negocio Móvil para la Venta de Jugos (Mobile – Juice)”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **22 de noviembre de 2021**



F: .....  
Evelyn Estefanía Delgado Quituisaca  
0106002520