



Universidad  
Nacional  
de Loja

## Universidad Nacional de Loja

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos

Naturales no Renovables

Carrera de Ingeniería Electromecánica

### Análisis del dimensionamiento de una estación de recarga renovable fotolinera ubicada en la ciudad de Saraguro

Trabajo de Integración Curricular,  
previo a la obtención del título de  
Ingeniero Electromecánico

**AUTOR:**

Galo Alfonso Armijos Mora

**DIRECTOR:**

Ing. Iván Alberto Coronel Villavicencio

Loja – Ecuador

2024

Educamos para **Transformar**

## Certificación

Loja, 02 de julio de 2024

Ing. Iván Alberto Coronel Villavicencio. Mg. Sc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Análisis del dimensionamiento de una estación de recarga renovable fotolinera ubicada en la ciudad de Saraguro**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Electromecánico**, de la autoría del estudiante **Galo Alfonso Armijos Mora**, con **cédula de identidad** Nro. **1105354631**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.

Iván Alberto Coronel Villavicencio

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **Autoría**

Yo, **Galo Alfonso Armijos Mora**, declaro ser el autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.



**Firma:**

**Fecha:** 02 de julio de 2024

**Cédula:** 1105354631

**Teléfono:** 0984351014

**Correo electrónico:** [galo.armijos@unl.edu.ec](mailto:galo.armijos@unl.edu.ec)

**Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.**

Yo, **Galo Alfonso Armijos Mora**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Análisis del dimensionamiento de una estación de recarga renovable fotolinera ubicada en la ciudad de Saraguro** como requisito para optar el título de **Ingeniero Electromecánico** autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y de exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del trabajo de titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los dos días del mes de julio dos mil veinticuatro.

**Firma:**

**Autor:** Galo Alfonso Armijos Mora

**C.I.:** 1105354631

**Dirección:** Saraguro – Loja

**Teléfono:** 0984351014

**Correo electrónico:** [galo.armijos@unl.edu.ec](mailto:galo.armijos@unl.edu.ec)

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director del Trabajo de Titulación:** Ing. Iván Alberto Coronel Villavicencio

## **Dedicatoria**

El presente trabajo de integración curricular se lo dedico primeramente a Dios, a San Antonio, a quien recorro en momentos de necesidad y gratitud, que con su gran ayuda supo darme la bendición y fortaleza para cumplir mi sueño.

Con profundo amor y gratitud a mis padres, Hartmann y Franczy, por su incondicional apoyo durante toda mi vida de estudiante y por tener la fe en mí, incluso cuando yo mismo la perdí.

A mi mami Lu, que desde el cielo me cuida, y que con su amor y bendiciones condujo mi camino en esta etapa de vida. Su cariño y sus enseñanzas estarán presentes siempre.

Por último y no menos importante, a mi tía Gladys por tenerla siempre brindándome su apoyo, cariño y hospitalidad.

***Galo Alfonso Armijos Mora***

## **Agradecimientos**

Expreso mi sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja y a todos los docentes, quienes con gran ímpetu supieron impartirme sus conocimientos y ser la guía para poder formarme profesionalmente.

Al Ing. Iván Coronel que con su apoyo y conocimientos, supo brindarme la asesoría acertada para poder cumplir con el trabajo de titulación.

***Galo Alfonso Armijos Mora***

## Índice de contenidos

<b>CERTIFICACIÓN</b>	<b>II</b>
<b>AUTORÍA</b>	<b>III</b>
<b>CARTA DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR, PARA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y/O PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO, DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.</b>	<b>IV</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>V</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>XII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>XII</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	<b>XIV</b>
<b>SIMBOLOGÍA</b>	<b>Xv</b>
<b>1. TÍTULO</b>	<b>1</b>
<b>2. RESUMEN / ABSTRACT</b>	<b>2</b>
<b>3. INTRODUCCIÓN</b>	<b>4</b>
<b>4. MARCO TEÓRICO</b>	<b>5</b>
<b>4.1 ENERGÍAS RENOVABLES</b>	<b>5</b>
4.1.1 DEFINICIÓN	5
4.1.2 ENERGÍA HIDRÁULICA	5
4.1.3 ENERGÍA EÓLICA	6
4.1.4 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	6
<b>4.2 RADIACIÓN SOLAR</b>	<b>7</b>
4.2.1 DEFINICIÓN	7
4.2.2 TIPOS DE RADIACIÓN SOLAR	8
4.2.2.1 Radiación directa	8
4.2.2.2 Radiación difusa	8
4.2.2.3 Radiación global	8

4.2.3	RADIACIÓN SOLAR SOBRE EL PLANO HORIZONTAL	9
4.2.4	RADIACIÓN SOLAR SOBRE EL PLANO INCLINADO	9
4.2.5	RADIACIÓN SOLAR SOBRE EL PLANO PERPENDICULAR A LOS RAYOS SOLARES	9
<b>4.3</b>	<b>SISTEMAS FOTOVOLTAICOS</b>	<b>10</b>
4.3.1	TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	10
4.3.1.1	Sistemas fotovoltaicos autónomos	10
4.3.1.2	Sistemas fotovoltaicos conectados a la red	11
4.3.2	ELEMENTOS QUE CONFORMAN LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	12
4.3.2.1	Generador fotovoltaico	12
4.3.2.2	Regulador de carga	13
4.3.2.3	Inversor	13
4.3.2.4	Sistema de acumulación de energía	14
4.3.2.5	Contador de energía	15
<b>4.4</b>	<b>PUNTOS DE RECARGA</b>	<b>16</b>
4.4.1	FOTOLINERA	16
4.4.2	ELECTROLINERA	17
<b>4.5</b>	<b>TIPOS DE CONECTORES</b>	<b>17</b>
4.5.1	CONECTOR SCHUKO	17
4.5.2	CONECTOR TIPO 1 (SAE J1772)	18
4.5.3	CONECTOR TIPO 2 (IEC 62196-2)	18
4.5.4	CONECTOR TIPO 3	19
4.5.5	CONECTOR CHADEMO	19
4.5.6	CONECTOR COMBO 2 o (IEC-62196-3)	20
<b>4.6</b>	<b>TIPOS DE RECARGA</b>	<b>20</b>
4.6.1	RECARGA SÚPER LENTA	20
4.6.2	RECARGA LENTA	21
4.6.3	RECARGA RÁPIDA	21
4.6.4	RECARGA SÚPER – RÁPIDA	21
4.6.5	RECARGA ULTRA – RÁPIDA	21
<b>4.7</b>	<b>MODOS DE RECARGA</b>	<b>21</b>
4.7.1	MODO 1	21
4.7.2	MODO 2	22
4.7.3	MODO 3	22
4.7.4	MODO 4	23
<b>4.8</b>	<b>METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO</b>	<b>23</b>

<b>4.9</b>	<b>VEHÍCULO ELÉCTRICO</b>	<b>24</b>
4.9.1	TIPOS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	24
4.9.1.1	EV (Vehículo eléctrico)	24
4.9.1.2	HEV (Híbrido eléctrico no enchufable)	24
4.9.1.3	PHEV (Híbrido enchufable)	24
4.9.1.4	EREV (Eléctrico de autonomía extendida)	24
4.9.1.5	FCEV (Con pila de combustible de hidrógeno)	24
4.9.2	TIPOS DE BATERÍAS	24
4.9.2.1	Baterías de plomo – ácido	24
4.9.2.2	Baterías de níquel – cadmio	25
4.9.2.3	Baterías de níquel – MH	25
4.9.2.4	Baterías de ion – litio	25
<b>4.10</b>	<b>NORMATIVA NACIONAL PARA LOS PUNTOS DE RECARGA</b>	<b>25</b>
<b>5.</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>27</b>
<hr/>		
<b>5.1</b>	<b>ÁREA DE TRABAJO</b>	<b>27</b>
<b>5.2</b>	<b>EQUIPOS</b>	<b>27</b>
<b>5.3</b>	<b>DIAGRAMA DE FLUJO</b>	<b>27</b>
<b>5.4</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>28</b>
5.4.1	PRIMER OBJETIVO	28
5.4.2	SEGUNDO OBJETIVO	29
5.4.3	TERCER OBJETIVO	29
<b>5.5</b>	<b>PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS</b>	<b>31</b>
5.5.1	PRIMERO OBJETIVO	31
5.5.1.1	Fuentes de información	31
5.5.1.2	Definición del alcance	32
5.5.1.3	Métodos de recolección y análisis de la información	32
5.5.2	SEGUNDO OBJETIVO	34
5.5.2.1	Factor ambiental	34
5.5.2.2	Factor social	34
5.5.2.3	Factor económico	35
5.5.2.4	Factor geográfico y de carretera	36
5.5.2.5	Posibles lugares de emplazamiento	37
5.5.3	TERCER OBJETIVO	38

5.5.3.1	Determinación de la carga	38
5.5.3.2	Selección de la tensión nominal del sistema	40
5.5.3.3	Cálculo del generador fotovoltaico	40
5.5.3.4	Cálculo del sistema acumulador de energía	48
5.5.3.5	Cálculo del regulador fotovoltaico	51
5.5.3.6	Cálculo del inversor fotovoltaico	51
5.5.3.7	Estación de carga	52
5.5.3.8	Cableado	52
5.5.3.9	Protecciones	53
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>55</b>
<b>6.1</b>	<b>PRIMER OBJETIVO</b>	<b>55</b>
6.1.1	TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	55
6.1.1.1	Sistemas fotovoltaicos conectados a la red (On Grid).	55
6.1.1.2	Sistemas fotovoltaicos aislados (Off Grid).	56
6.1.2	ELEMENTOS QUE CONFORMAN UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE CARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	56
6.1.2.1	Panel solar	56
6.1.2.2	Regulador de carga	56
6.1.2.3	Inversor	56
6.1.2.4	Estación de carga	56
6.1.2.5	Medidor bidireccional	56
6.1.3	ESTACIONES DE CARGA	57
6.1.3.1	Primeros prototipos	57
6.1.3.2	Desarrollo y tecnología	57
6.1.3.3	Actualidad	57
<b>6.2</b>	<b>SEGUNDO OBJETIVO</b>	<b>58</b>
6.2.1	EMPLAZAMIENTO DE LA FOTOLINERA	58
6.2.2	LUGAR DE EMPLAZAMIENTO	59
6.2.3	ESTUDIO DE SOMBRAS DEL LUGAR DE EMPLAZAMIENTO	59
<b>6.3</b>	<b>TERCER OBJETIVO</b>	<b>61</b>
6.3.1	PANEL SOLAR:	61
6.3.2	BATERÍA:	64
6.3.3	REGULADOR DE CARGA TIPO MPPT.	65
6.3.4	SELECCIÓN DEL INVERSOR DE CARGA	66

6.3.5	ESTACIÓN DE CARGA	66
6.3.6	CABLEADO	67
6.3.6.1	Paneles – Barra de conexiones	67
6.3.6.2	Barra de conexiones – Regulador	67
6.3.6.3	Regulador – Baterías	67
6.3.6.4	Baterías – Inversor	67
6.3.6.5	Inversor – Estación de carga	67
6.3.7	PROTECCIONES	67
	Paneles – Barras de conexiones	67
6.3.7.1	Barra de conexiones – Regulador	68
6.3.7.2	Regulador – Baterías	69
6.3.7.3	Baterías – Inversor	69
6.3.7.4	Inversor – Barra de conexión general	69
6.3.7.5	Barra de conexión general – Estación de carga	70
<b>7.</b>	<b><u>DISCUSIÓN</u></b>	<b><u>71</u></b>
<b>8.</b>	<b><u>CONCLUSIONES</u></b>	<b><u>72</u></b>
<b>9.</b>	<b><u>RECOMENDACIONES</u></b>	<b><u>73</u></b>
<b>10.</b>	<b><u>BIBLIOGRAFÍA</u></b>	<b><u>74</u></b>
<b>11.</b>	<b><u>ANEXOS</u></b>	<b><u>80</u></b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Tipos de baterías. _____	15
<b>Tabla 2.</b> Equivalencias de barriles en bep. _____	23
<b>Tabla 3.</b> Equivalencia de bep a MWh _____	23
<b>Tabla 4.</b> Estructura tarifaria para vehículos eléctricos. _____	26
<b>Tabla 5.</b> Ponderación e indicadores de evaluación del medio ambiente. _____	34
<b>Tabla 6.</b> Ponderación e indicadores de evaluación de factor social. _____	35
<b>Tabla 7.</b> Ponderación e indicadores de evaluación de factor económico. _____	35
<b>Tabla 8.</b> Ponderación e indicadores de evaluación para el factor geográfico. _____	36
<b>Tabla 9.</b> Porcentajes de ponderación por sitio. _____	37
<b>Tabla 10.</b> Datos técnicos del vehículo eléctrico Kia Soul. _____	39
<b>Tabla 11.</b> Valores mensuales de horas promedio de sol. _____	41
<b>Tabla 12.</b> Pérdidas mensuales por temperatura. _____	44
<b>Tabla 13.</b> Resumen de pérdidas del sistema FV. _____	46
<b>Tabla 14.</b> Rendimiento del inversor. _____	46
<b>Tabla 15.</b> Tipos de estaciones de carga. _____	58
<b>Tabla 16.</b> Modos de carga. _____	58
<b>Tabla 17.</b> Cuadro de ponderación de los lugares de emplazamiento. _____	59
<b>Tabla 18.</b> Comparación de soluciones para el sistema acumulador de energía. _____	64
<b>Tabla 19.</b> Presupuesto de elementos del sistema fotovoltaico. _____	82
<b>Tabla 20.</b> Presupuesto de elementos del sistema fotovoltaico 2. _____	83

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Energías Renovables.....	5
<b>Figura 2.</b> Central Hidroeléctrica.....	6
<b>Figura 3.</b> Generación de energía eólica.....	6
<b>Figura 4.</b> Generación de energía solar. ....	7
<b>Figura 5.</b> Radiación sol – tierra. ....	8
<b>Figura 6.</b> Tipos de radiación. ....	8
<b>Figura 7.</b> Plano horizontal.....	9
<b>Figura 8.</b> Plano inclinado. ....	9
<b>Figura 9.</b> Plano perpendicular. ....	10
<b>Figura 10.</b> Sistema fotovoltaico autónomo. ....	11
<b>Figura 11.</b> Sistema fotovoltaico conectado a la red. ....	11
<b>Figura 12.</b> Módulo fotovoltaico. ....	12
<b>Figura 13.</b> Módulo de concentración solar.....	13
<b>Figura 14.</b> Controlador de carga. ....	13
<b>Figura 15.</b> Inversor de corriente.....	14
<b>Figura 16.</b> Banco de baterías.....	14
<b>Figura 17.</b> Medidor bidireccional.....	15
<b>Figura 18.</b> Punto de recarga (fotolinera). ....	16
<b>Figura 19.</b> Punto de recarga - Madrid. ....	17
<b>Figura 20.</b> Conector Schuko.....	18
<b>Figura 21.</b> Conector SAE J1772. ....	18
<b>Figura 22.</b> Conector Mennenkes. ....	19
<b>Figura 23.</b> Conector Scame.....	19
<b>Figura 24.</b> Conector CHAdeMO.....	20
<b>Figura 25.</b> Conector combo 2.....	20
<b>Figura 26.</b> Modo de recarga 1. ....	21
<b>Figura 27.</b> Modo de recarga 2. ....	22
<b>Figura 28.</b> Modo de recarga 3. ....	22
<b>Figura 29.</b> Modo de recarga 4. ....	23
<b>Figura 30.</b> Diagrama de flujo. ....	28
<b>Figura 31.</b> Lugar, "La Quesera".....	37
<b>Figura 32.</b> Lugar, "Estadio Municipal".....	38
<b>Figura 33.</b> Lugar, "Parque Saludable". ....	38

<b>Figura 34.</b> Relación HSP - Mes. ....	42
<b>Figura 35.</b> Especificaciones técnicas del panel solar. ....	44
<b>Figura 36.</b> Ángulo azimut e inclinación del módulo FV.....	45
<b>Figura 37.</b> Estudio solar, vista 1.....	60
<b>Figura 38.</b> Estudio solar, vista 2.....	60
<b>Figura 39.</b> Panel solar Jinko. ....	61
<b>Figura 40.</b> Batería 12 V y 300 Ah.....	65
<b>Figura 41.</b> Regulador de carga. ....	65
<b>Figura 42.</b> Inversor Híbrido de 10 kW. ....	66
<b>Figura 43.</b> Estación de carga rápida. ....	67
<b>Figura 44.</b> Porta fusible.....	68
<b>Figura 45.</b> Fusible 16 A.....	68
<b>Figura 46.</b> Breaker de protección 63 A. ....	68
<b>Figura 47.</b> Fusible NH 100 A.....	69
<b>Figura 48.</b> Fusible NH1 210 A.....	69
<b>Figura 49.</b> Breaker 3P 40 A. ....	70
<b>Figura 50.</b> Breaker 3P 160 A/400 V. ....	70
<b>Figura 51.</b> DPS.....	70

## Índice de anexos

<b>Anexo 1.</b> Vista 1, fotolinera.....	80
<b>Anexo 2.</b> Presupuesto de elementos del sistema FV 1.....	82
<b>Anexo 3.</b> Presupuesto de elementos del sistema FV 2.....	83
<b>Anexo 4.</b> Diagrama unifilar.....	82
<b>Anexo 5.</b> Certificación de traducción del resumen .....	83

## Simbología

**FV:** Fotovoltaico

**HSP:** Hora solar pico.

**PR:** Performance ratio.

**Ns:** Número de paneles conectados en serie.

**Np:** Número de paneles conectados en paralelo.

**Pmáx:** Potencia máxima del panel fotovoltaico.

**Vmp:** Tensión de máxima potencia.

**Imp:** intensidad de máxima potencia.

**VE:** Vehículo eléctrico.

**Pmp:** Potencia pico standard.

**Cacum:** Capacidad del acumulador.

**N:** Número de días de autonomía de la instalación.

**Vn,sis:** Voltaje nominal del sistema.

**PD:** Profundidad de la descarga.

## **1. Título**

**Análisis del dimensionamiento de una estación de recarga renovable fotolinera, ubicada en la ciudad de Saraguro.**

## 2. Resumen

El presente documento tiene como objetivo analizar el proceso de dimensionamiento de una fotolinera en la ciudad de Saraguro. Para ello, se ha llevado a cabo un estudio minucioso de las principales variables y factores que intervienen en la implementación de una estación de recarga de vehículos eléctricos mediante energía solar fotovoltaica. Después de analizar y sintetizar la información relevante, para adquirir los conocimientos necesarios sobre los distintos tipos de estaciones de recarga existentes, se ha estudiado el lugar de emplazamiento teniendo en cuenta factores determinantes como el geográfico, ambiental y económico, para determinar si es el lugar adecuado para un estudio energético. Dado esto para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico (SF), se consideraron: la capacidad de la batería del vehículo eléctrico (VE) Kia Soul, la irradiación existente en el lugar, el voltaje nominal del sistema y a los elementos disponibles en el mercado. Ya que, al ser una carga magna y teniendo en cuenta que es un sistema aislado de la red, no existen los componentes adecuados, lo cual generó que se busquen soluciones prácticas. La más viable fue la de crear cuatro “pequeños” SF, en base a la potencia del inversor de corriente que hubo disponible en el mercado, de tal forma al conectar estos a una barra general de conexiones, sean capaz de suministrar una potencia de 40 kW y cargar la batería del VE en 3 horas.

**Palabras clave:** *Fotolinera, estación de carga, paneles solares, sistemas fotovoltaicos aislados.*

### ***Abstract***

The objective of this document is to analyze the sizing process of a photovoltaic station in the city of Saraguro. For this purpose, a thorough study of the main variables and factors involved in the implementation of an electric vehicle charging station using solar photovoltaic energy has been carried out. After analyzing and synthesizing the relevant information, in order to acquire the necessary knowledge about the different types of existing charging stations, the location has been studied taking into account determining factors such as geographical, environmental and economic factors, to determine whether it is the right place for an energy study. Given this, for the sizing of the photovoltaic (PV) system, the following factors were considered: the battery capacity of the Kia Soul electric vehicle (EV), the existing irradiation at the site, the nominal voltage of the system and the elements available on the market. Since it is a magna charge and considering that it is a system isolated from the grid, there are no suitable components, which generated the search for practical solutions. The most viable solution was to create four "small" SF, based on the power of the current inverter that was available on the market, in such a way that by connecting them to a general connection bar, they would be able to supply a power of 40 kW and charge the EV battery in 3 hours.

***Keywords:*** *Photovoltaic station, charging station, solar panels, off-grid photovoltaic systems.*

### **3. Introducción**

Los recursos naturales renovables hoy en día, son la principal idea al momento de realizar proyectos de investigación relacionados con el abastecimiento de energía. Es por ello que, el sector del transporte se encuentra en la mira de todos los organismos internacionales debido al alto consumo de combustibles fósiles procesados que ayudan a la destrucción de los ecosistemas. Las fotolineras son una innovadora solución para el suministro de energía alternativa a los vehículos eléctricos. Consisten en estaciones de carga de energía solar que permiten cargar baterías de los vehículos eléctricos de una forma sostenible y económica. Esta tecnología es especialmente importante en un momento en el que la transición energética hacia fuentes renovables se volvió una tarea urgente para reducir el impacto del cambio climático. Las fotolineras permiten eliminar emisiones de gases de efecto invernadero en el punto de carga de los vehículos eléctricos, lo que contribuye a reducir la huella de carbono. Las estaciones de carga también son fáciles de instalar y no necesitan una conexión a la red eléctrica, con lo cual su adopción representa una alternativa económica y viable para las empresas. Asimismo, las fotolineras promueven la independencia energética, ya que el suministro de energía se convierte en una actividad autónoma e independiente. En comparación con los suministros de energía tradicionales, las estaciones de carga a partir de energía solar se destacan por su bajo costo y respeto al medio ambiente. Es importante destacar también que esta tecnología aún tiene un gran potencial de crecimiento y mejora, a medida que se continúe investigando y desarrollando innovaciones en el sector. En resumen, las fotolineras son una excelente alternativa energética para satisfacer la demanda de movilidad sostenible, ofreciendo una alternativa económica, limpia, autónoma y fácil de implementar.

## 4. Marco teórico

### 4.1 Energías renovables

#### 4.1.1 Definición

Las energías renovables son aquellas provenientes de la naturaleza, es decir, que son de forma continua e inagotables. Una fuente renovable que origina a todas las demás es el sol debido a que su calor provoca distintos cambios como por ejemplo diferencias de presiones para dar origen al viento y con esto a la energía eólica. Así mismo realiza cambios en el ciclo del agua, evaporando la misma y dando paso a la formación de nubes y por ende la lluvia para dar paso a la energía hidráulica (Merino, 2012).

Además, no se puede dejar de mencionar que las energías alternativas son las energías que, con su utilización, nos ayudarán a la disminución de los gases de efecto invernadero provocados por las energías convencionales. En la **Figura 1**, se observa la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables como son la energía eólica, solar y biomasa.

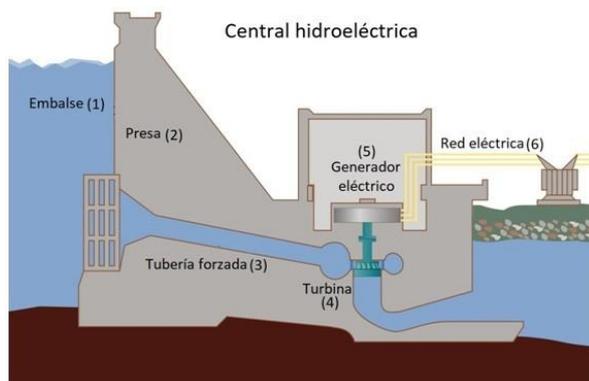


**Figura 1.** Energías Renovables.

**Fuente:** (Factor energía , 2018).

#### 4.1.2 Energía hidráulica

La energía hidráulica o también llamada energía hídrica se da a partir de los saltos de agua existentes en diferentes latitudes, es decir aprovecha la energía potencial y cinética que el agua tiene al conducirla por lugares en donde la diferencia de alturas sea considerable, esto dependiendo del volumen de agua que se deje caer sobre la turbina para generar energía eléctrica (Twenergy, 2019). En la **Figura 2**, se puede visualizar una central hidroeléctrica y los componentes que forman parte de ella.



**Figura 2.** Central Hidroeléctrica.

**Fuente.** (Ingeoexpert, 2018).

### 4.1.3 Energía eólica

La energía eólica es un recurso muy variable, ya que puede cambiar mucho en distancias muy reducidas tanto en el tiempo como en el lugar. En general, las zonas costeras y las cumbres de las montañas son las más aceptables y favorables para el aprovechamiento del viento con fines energéticos. Con el calentamiento diferencial de la atmósfera y las irregularidades de relieve de la superficie terrestre se produce la energía eólica, debiendo resaltar que este tipo de energía es una variante de la energía solar (Santamarta, 2004). En la **Figura 3**, se observa un parque eólico ubicado en Europa.



**Figura 3.** Generación de energía eólica.

**Fuente.** (Arriolis, 2022).

### 4.1.4 Energía solar fotovoltaica

Uno de los principales usos que se le da la fuente de iluminación más grande que posee nuestro sistema solar, es convertirla en energía eléctrica a través de los distintos tipos de elementos utilizados para ello, como son los paneles solares.

Es por eso que la generación directa de electricidad, se realiza a través de la luz proveniente del sol conocida como efecto fotovoltaico. Este fenómeno se dio a conocer por primera vez, en el año de 1839 por el físico Antonie Becquerel (Puig & Jofra, 2007).

Por razones económicas, ambientales y políticas, es necesario buscar fuentes alternativas de energía que sean económicas, abundantes, limpias y ecológicamente sostenibles. La energía del sol, el viento y la tierra con la geotérmica son opciones, pero la energía del sol tiene una ventaja adicional sobre las otras dos. Una de las particularidades de la energía solar, es que, se la puede aprovechar mediante los dispositivos solares de cualquier tamaño, (0.5 V y 0.25m<sup>2</sup>) hasta cualquier amplitud. Es decir, se puede llevar energía hacia lugares remotos y áreas protegidas en donde no se permite la instalación de energías tradicionales (Nandwani, 2005).

En la **Figura 4**, se observa los paneles solares generando energía eléctrica a partir de la energía solar.



**Figura 4.** Generación de energía solar.

**Fuente:** (1A Ingenieros, 2022).

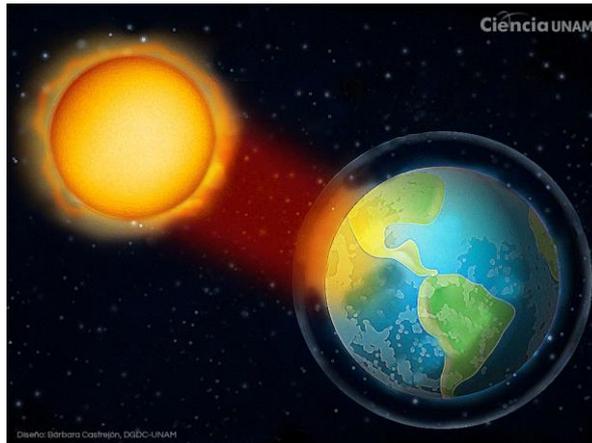
## **4.2 Radiación solar**

### **4.2.1 Definición**

“La radiación solar es la energía emitida por el Sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas” (IDEAM-Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia., 2021).

Un punto clave antes de implementar un sistema fotovoltaico es conocer cuanta radiación solar existe en el lugar de instalación, debido a que esta puede ser baja y no llegue a los niveles necesarios para convertirla en energía eléctrica (Nandwani, 2005).

En la **Figura 5**, se visualiza de forma didáctica como la radiación solar llega e incide sobre el planeta tierra.



**Figura 5.** Radiación sol – tierra.

**Fuente.** (UNAM, 2020).

#### 4.2.2 Tipos de radiación solar

##### 4.2.2.1 Radiación directa

Este tipo de radiación, es aquella que llega a la tierra en forma de rayos cuya dirección no cambia o es interferida por algún objeto. Ver **Figura 6** (Marrodán, 2012).

##### 4.2.2.2 Radiación difusa

Esta radiación es aquella que forma parte de la radiación difusa pero que, en su camino hacia la superficie terrestre, es interferida por algún objeto o partículas, esta es difundida en todos lados. Ver **Figura 6** (Marrodán, 2012).

##### 4.2.2.3 Radiación global

Es la combinación o componente vertical de la radiación directa más la radiación difusa que llega a la superficie terrestre. Ver **Figura 6** (Marrodán, 2012).

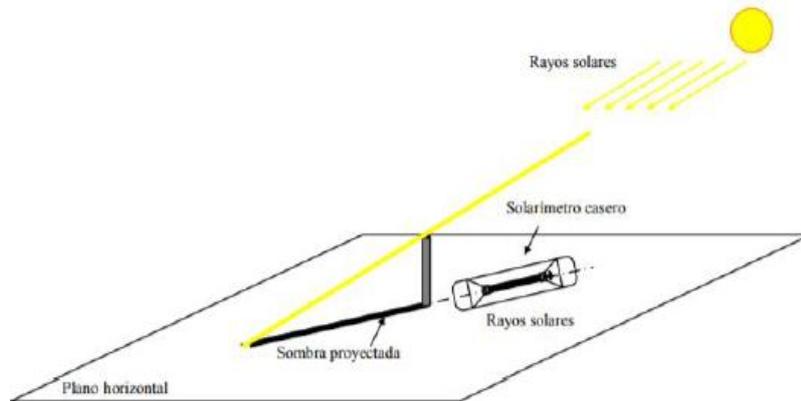


**Figura 6.** Tipos de radiación.

**Fuente.** (Marrodán, 2012).

#### 4.2.3 Radiación solar sobre el plano horizontal

Es aquella radiación proveniente del sol sobre un plano horizontal. Y que comúnmente se utiliza para determinar el calentamiento de estanques y plantas vegetales. Véase, **Figura 7**.

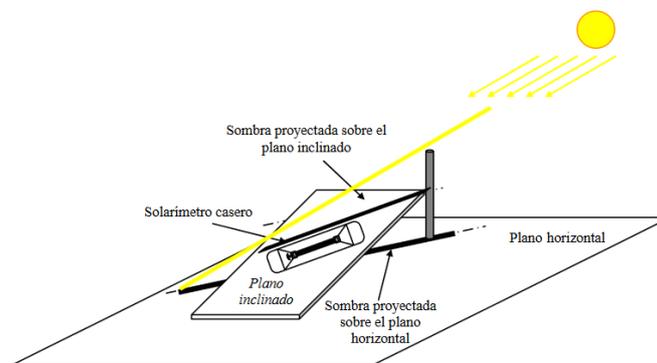


**Figura 7.** Plano horizontal.

**Fuente.** (Guevara Vásquez, 2003).

#### 4.2.4 Radiación solar sobre el plano inclinado

Es aquella radiación proveniente del sol, que generalmente es utilizada para sistemas fotovoltaicos y calentadores solares de agua para residencias. Véase, **Figura 8**.

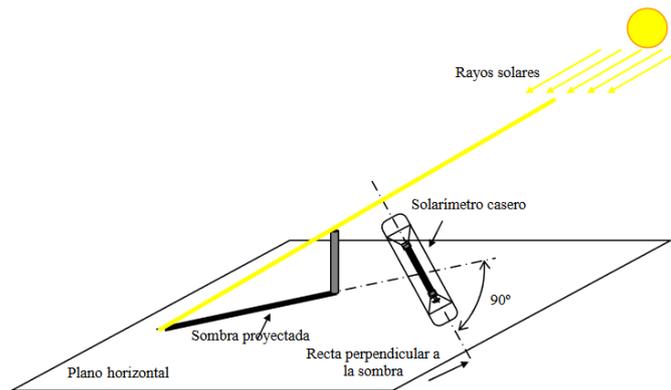


**Figura 8.** Plano inclinado.

**Fuente.** (Guevara Vásquez, 2003).

#### 4.2.5 Radiación solar sobre el plano perpendicular a los rayos solares

Es aquella radiación en la que los rayos solares inciden sobre un plano perpendicular a los rayos solares y que es una posición ideal para las cocinas solares. Véase, **Figura 9**.



**Figura 9.** Plano perpendicular.

**Fuente.** (Guevara Vásquez, 2003).

### 4.3 Sistemas Fotovoltaicos

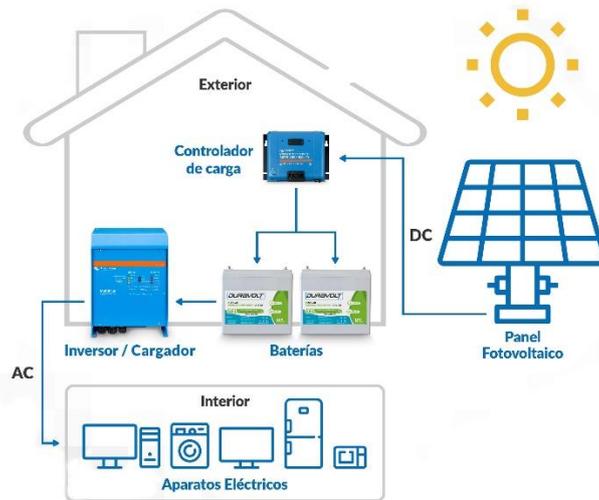
Los sistemas fotovoltaicos a través de tecnología, son los encargados de convertir la radiación directa del sol en electricidad. Esta conversión se realiza a través de la célula solar que realiza la acción principal de la conversión de los fotones de luz en electricidad. Los sistemas fotovoltaicos se los puede utilizar en cualquier lugar que se necesite de ellos para la generación de electricidad, ya sea para consumirla o inyectarla a la red principal. Vale mencionar que los generadores fotovoltaicos, únicamente generan electricidad de acuerdo a la cantidad de irradiación que reciben, por lo que al tener un día bastante soleado es necesario almacenar la energía para cuando no se tenga esas condiciones climáticas o la demanda de energía en la noche (Abella, 2017).

#### 4.3.1 Tipos de sistemas fotovoltaicos

##### 4.3.1.1 Sistemas fotovoltaicos autónomos

Estos sistemas son aquellos, en los que la generación eléctrica es consumida en el lugar y están aislados de la red eléctrica. Mayormente son utilizados en sectores donde no existe red eléctrica como los sectores rurales y que de una u otra forma pueden llegar a competir económicamente con los sistemas convencionales (Abella, 2017).

En la **Figura 10**, se observa un sistema fotovoltaico autónomo, conformado por los elementos de generación, controladores, inversores, acumulación y consumo.



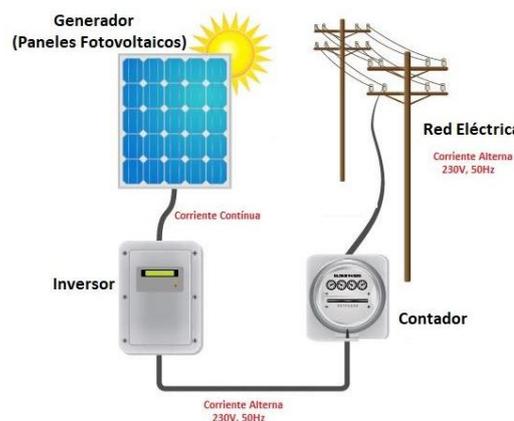
**Figura 10.** Sistema fotovoltaico autónomo.

**Fuente.** (BatteryDepot, 2018).

#### 4.3.1.2 Sistemas fotovoltaicos conectados a la red

Estos sistemas son aquellos, en los que la generación eléctrica es inyectada a la red pertinente, de esta forma se puede generar cierta estabilidad en la curva de consumo anual, brindando un servicio fiable y tener energía de calidad. Estos sistemas son instalados principalmente en viviendas (alrededor de 5kWp) o edificios (hasta 100 kWp) en donde puede ser auto consumidor y el excedente inyectar a la red, como también pueden ser instalados en centrales de generación (potencias nominales superiores a 100 kWp) en donde únicamente la generación eléctrica es inyectada a la red (Abella, 2017).

En la **Figura 11**, se observa un sistema fotovoltaico conectado directamente a la red.



**Figura 11.** Sistema fotovoltaico conectado a la red.

**Fuente.** (ÁreaTecnología, 2014).

## 4.3.2 Elementos que conforman los sistemas fotovoltaicos

### 4.3.2.1 Generador fotovoltaico

Convierte la radiación solar en energía eléctrica en corriente continua. Mientras más alta sea la radiación, los paneles solares producirán mayor cantidad de energía (AutoSolar, 2021).

Es necesario mencionar que un generador o módulo fotovoltaico está conformado con un conjunto de células solares interconectadas entre ellas, dispositivos ópticos, elementos que permitan la conexión y protección de células y los elementos para la instalación (Fernández E. , 2012).

**Conexión en serie:** la conexión en serie es el método por el cual los paneles solares son conectados uno tras otro, es decir que el polo positivo del primer panel se conecta con polo negativo del segundo panel y así sucesivamente según se requiera. De manera que la corriente que fluye por estos es la misma, mientras que el voltaje se va sumando.

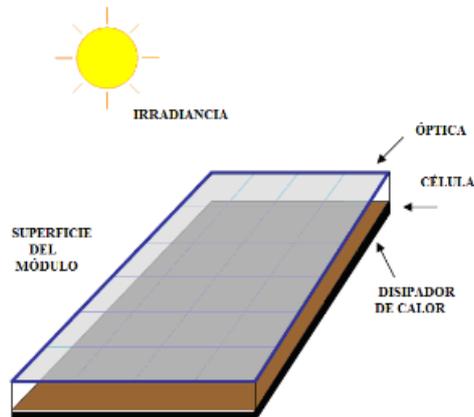
**Conexión en paralelo:** la conexión en paralelo de paneles solares es un método por el cual se conectan los paneles solares a un mismo cable positivo y otro cable negativo, para que la corriente total se suma, pero el voltaje se mantenga constante. Es decir, el terminal positivo de cada uno de los paneles solares se conecta al mismo cable positivo, y el terminal negativo de cada uno de los paneles se conecta al mismo cable negativo.

En la **Figura 12**, se visualiza un generador fotovoltaico o panel solar, mientras que en la **Figura 13**, se observa de manera didáctica cómo este, captura la energía solar para convertirla en energía eléctrica.



**Figura 12.** Módulo fotovoltaico.

**Fuente.** (EcoInventos , 2022).



**Figura 13.** Módulo de concentración solar.

**Fuente.** (Fernández E. , 2012).

#### 4.3.2.2 Regulador de carga

Regula el paso de la energía entre los generadores fotovoltaicos y las baterías de acumulación, esto con el fin de suministrar energía a estas en función de la carga. Ver **Figura 14** (AutoSolar, 2021).



**Figura 14.** Controlador de carga.

**Fuente.** (BatteryDepot, 2018).

#### 4.3.2.3 Inversor

Como su nombre lo indica, la función principal que tiene este elemento es convertir la corriente continua en corriente alterna, misma que puede ser utilizada en viviendas o enviarla a la red eléctrica. Los voltajes nominales de este son; 12V, 24V, 48V. Ver **Figura 15** (AutoSolar, 2021).



**Figura 15.** Inversor de corriente.

**Fuente.** (CAMBIO ENERGÉTICO, 2021).

#### 4.3.2.4 Sistema de acumulación de energía

Las baterías son las encargadas de acumular la energía generada por los módulos fotovoltaicos y que no se ocupará de inmediato. De esta forma se pondrá tener disponibilidad del servicio en horas nocturnas o cuando no exista energía solar (AutoSolar, 2021).

En la **Figura 16**, se observa un banco de baterías conectadas en paralelo. Mientras que en la **Tabla 1**, se verán los distintos tipos de baterías con sus características y usos.



**Figura 16.** Banco de baterías.

**Fuente.** (MPPTSOLAR, 2019).

**Tabla 1.** Tipos de baterías.

Tipo	Utilización y características
Baterías de arranque de plomo ácido	En automóviles para los arranques de motor, poseen larga duración, fácil mantenimiento con agua destilada, la utilización en el sector fotovoltaico es limitado.
Baterías tipo AGM (Absorción Glass Mat)	Utilizadas principalmente para sistemas fotovoltaicos, pueden trabajar con altas corrientes de descarga, no necesitan mantenimiento por que no trabajan con agua destilada.
Baterías de gel	Tienen la misma utilización que las AGM pero con un mejor rendimiento y por ende su precio es más elevado pueden ser de 6V, 12V, 24V, 48V.
Batería estacionaria OPzS	Utilizadas en los sistemas fotovoltaicos como acumuladores de energía, son de ciclo profundo, contienen más plomo, vida útil y rendimiento mayor, necesitan mantenimiento.
Batería estacionaria OPzV	Similares a las OPzS, son baterías de placa electro tubular cubierta por una placa de gel, no necesitan mantenimiento, tienen mayor costo.
Baterías de Ion litio	Especiales por su gran capacidad de almacenamiento de energía en vehículos eléctricos y elementos electrónicos, poseen propiedades que hace viable su utilización en sistemas FV.

**Nota.** Fuente: (Alarcón & Sánchez, 2021)

#### 4.3.2.5 Contador de energía

El contador de energía es aquel elemento que indica la cantidad de energía consumida o inyectada a la red, es decir este puede ser utilizado de forma bidireccional. Ver **Figura 17.** Medidor bidireccional..



**Figura 17.** Medidor bidireccional.

**Fuente.** (ÁreaTecnología, 2014).

## 4.4 Puntos de recarga

### 4.4.1 Fotolinera

Son puntos de recarga para vehículos eléctricos, similares a una estación de servicios o gasolineras (comúnmente denominadas). La característica principal de este punto de recarga, es que la alimentación de energía proviene de una fuente renovable (luz solar) que, al ser almacenada correctamente, se puede brindar un servicio a cualquier hora y utilizando el tiempo pertinente. En la **Figura 18**, se observa un punto de recarga para vehículos eléctricos a partir de energía solar o fotolinera.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> hoy en día son cada vez más altas por distintos motivos, una solución viable a este problema y que ayudaría a la reducción de la contaminación es el uso continuo de estas tecnologías y el uso continuo de las mismas.



**Figura 18.** Punto de recarga (fotolinera).

**Fuente.** (Recarga Coches Eléctricos, 2013).

Estos puntos de recarga son cada vez más comunes dentro de la población mundial, por los múltiples beneficios que conlleva la utilización de los mismos. En el Ecuador actualmente, no existen puntos de recarga de este tipo, a diferencia de las electrolineras, que existen en un gran número y en diferentes puntos de la extensión territorial de nuestro país.

En el 2011, en la Universidad de Alcalá en Madrid empezó el funcionamiento de la primera estación de recarga de vehículos eléctricos en España, la cual funciona gracias a energía solar renovable y permite que cuatro vehículos y cinco bicicletas puedan ser cargados al mismo tiempo. Esta estación de recarga es de uso público, así como interno y posee 15 placas solares y nueve tomas totales. De las cuatro tomas para vehículos, dos son inteligentes, lo que permite controlar el proceso de carga a través de un teléfono móvil, mientras que las dos restantes son convencionales. Todas las tomas pueden proporcionar una carga máxima de 3,6 kW (230 voltios por 16 amperios) y recuperar los 24 kWh de un Nissan Leaf tomaría alrededor de siete horas. No obstante, la toma Mennekes posee una capacidad mayor y puede ser utilizada

en modo trifásico, lo que permite una potencia de carga semi-rápida de 22 kW y reducir el tiempo de espera a poco más de una hora en el caso del Leaf. La instalación y equipo fueron realizados por una empresa española con un consumo energético de 5.600 kWh anuales capaces de abastecer a vehículos particulares y universitarios (Baeza, 2011). En la **Figura 19**, se verá la disposición de la fotolinera.



**Figura 19.** Punto de recarga - Madrid.

**Fuente.** (Baeza, 2011).

#### **4.4.2** *Electrolinera*

Estos puntos de recarga, se diferencian de las fotolineras debido al origen de la energía con la que se alimentan, es decir; para una electrolinera la energía puede provenir de la red alimentada con energías convencionales o fuentes renovables. Mientras que la fotolinera son con energía renovable al 100 %, como se mencionó en el apartado anterior.

### **4.5** **Tipos de conectores**

#### **4.5.1** *Conector Schuko*

Son los típicos conectores que encontramos en nuestros domicilios, el cual constan de dos polos (fase y neutro) y dependiendo de la marca se puede encontrar con un adicional para puesta a tierra. Son elementos utilizados en baja tensión con corrientes monofásicas. Soportan corrientes de hasta 10 A. Ver **Figura 20** (Carbonell, 2023).



**Figura 20.** Conector Schuko.

**Fuente.** (Carbonell, 2023).

#### **4.5.2 Conector tipo 1 (SAE J1772)**

Es conocido también como conector Yazaki. Es similar al conector Schuko, mide 43 mm de diámetro con polos para fase, neutro y tierra, pero adicionalmente posee dos complementarios para la detección de proximidad (el vehículo no se puede mover cuando esté enchufado) y de control (que sirve para la comunicación de red). Tiene dos niveles de carga; hasta 16 A en recarga lenta y hasta 80 A en recarga rápida. Ver **Figura 21** (Ibáñez, 2012).



**Figura 21.** Conector SAE J1772.

**Fuente.** (Carbonell, 2023).

#### **4.5.3 Conector tipo 2 (IEC 62196-2)**

También conocido como conector Mennenkes y es un conector standard para Europa. Es de corriente alterna y permite realizar recargas desde 16 A en monofásico hasta cargas trifásicas de 63 A y 400 V. Al ser de corriente alterna puede trabajar con potencias entre los 3.7 kW y 44 kW. Posee siete contactos, tres para conexión trifásica, uno para neutro, uno para tierra y dos para la comunicación de red o entre vehículo y cargador. Ver **Figura 22** (Carbonell, 2023).



**Figura 22.** Conector Mennenkes.

**Fuente.** (Carbonell, 2023).

#### **4.5.4 Conector tipo 3**

Conocido también como conector Scame. Actualmente se encuentra en desuso debido a estandarización de Europa. Existen tres variantes, 3A, 3B y 3C. La variante 3A consta de cuatro contactos (fase, neutro, tierra y comunicación de red) y puede trabajar con cargas monofásicas de hasta 16 A. La variante 3C tiene siete contactos (3 fases, neutro, tierra, control y presencia) y soporta cargas monofásicas como trifásicas, llegando a poder realizar recargas de hasta 22 kW de potencia. Ver **Figura 23** (Carbonell, 2023).



**Figura 23.** Conector Scame.

**Fuente.** (Carbonell, 2023).

#### **4.5.5 Conector CHAdeMO**

Creado por TEPCO que es una asociación de empresas japonesas, permite realizar cargas rápidas soportando hasta 50 kW de potencia y 125 A en corriente continua. Ver **Figura 24** (Carbonell, 2023).

Este conector contiene dos pines de potencia, siete pines de señal y uno sin asignación, los cuales se describen a continuación:

- Pin 1 es la referencia de puesta a tierra.



**Figura 24.** Conector CHAdeMO.

**Fuente.** (Carbonell, 2023).

#### **4.5.6 Conector Combo 2 o (IEC-62196-3)**

Este conector combina dos tipos de conectores en uno solo y es el que en Europa se está usando. Está compuesto por un conector de corriente alterna Mennenkes y un de corriente continua con dos contactos. Permite recargar el vehículo en los modos 2, 3 y 4, permite trabajar hasta 44 kW en corriente alterna y 50 kW en corriente continua. Ver **Figura 25** (Carbonell, 2023)



**Figura 25.** Conector combo 2.

**Fuente.** (Carbonell, 2023).

## **4.6 Tipos de recarga**

Los tipos de recarga tienen que ver con la velocidad en la que el sistema fotovoltaico o la red entrega energía a las baterías del vehículo, lo cual depende de la potencia que se tenga disponible. A continuación, se verán los siguientes:

### **4.6.1 Recarga súper lenta**

Esta se limita a tener una intensidad de hasta 10 A debido a que no tiene una instalación eléctrica adecuada. Las baterías de un vehículo normal tardarían entre 10 y 12 horas para completar su carga y utilizando alrededor de 23 kWh (Ibáñez, 2012).

#### 4.6.2 Recarga lenta

También llamada recarga convencional o normal. Se limita a una intensidad de 16 A y ocupa una potencia de 3,6 kW. Las baterías de un vehículo normal tardarían entre 6 y 8 horas en completar su carga (Ibáñez, 2012).

#### 4.6.3 Recarga rápida

Este tipo de recarga conlleva unos 30 minutos en debido a que la potencia utilizada es alta, entre 44 y 50 kW. Además, las baterías utilizan de 22 a 24 kWh. Hay que considerar una recarga de baterías al 80 % o 90 % (Ibáñez, 2012).

#### 4.6.4 Recarga súper – rápida

La potencia utilizada en este tipo de recarga es aproximadamente el doble de la recarga rápida, es decir entre 90 y 120 kW. El tiempo ocupado para ello es de unos 20 minutos y brinda una autonomía de 250 Km (Ibáñez, 2012).

#### 4.6.5 Recarga ultra – rápida

Utilizada muy poco debido a que se encuentra en la fase experimental, se puede recurrir a ella cuando se tenga vehículos con acumuladores de tipo supercondensadores. El tiempo de recarga sería de unos 10 minutos aproximadamente. La potencia necesaria es demasiado elevada y estaría por encima de los 130 kW (Ibáñez, 2012).

### 4.7 Modos de recarga

Los modos de recarga relacionan la comunicación que existe entre el punto de recarga y el vehículo eléctrico. A continuación, se verán los siguientes:

#### 4.7.1 Modo 1

El vehículo se conecta directamente punto de recarga en corriente alterna, no tiene comunicación con la red, es un tipo de recarga lenta utilizando un conector de 16 A (Schuko), su carga puede llegar hasta los 250 V en monofásica y 480 V en trifásica. Ver **Figura 26** (Fernández & Coello, 2015).



**Figura 26.** Modo de recarga 1.

**Fuente.** (Fernández & Coello, 2015).

#### 4.7.2 Modo 2

En este tipo de conexión lenta posee un enchufe no exclusivo donde la corriente en alterna no puede exceder los 32 A, se conecta con carga monofásica y trifásica a 250 V y 480 V respectivamente. Este modo cuenta con protección a tierra y posee un elemento electrónico que sirve para verificar la correcta conexión del vehículo con la red (Fernández & Coello, 2015).

En la **Figura 27**, se puede observar la conexión del vehículo con la red y que existe comunicación con la misma.



**Figura 27.** Modo de recarga 2.

**Fuente.** (Fernández & Coello, 2015).

#### 4.7.3 Modo 3

Según, (Ibáñez, 2012) el grado de comunicación entre el vehículo y la red es alto. Cuenta con protecciones y elementos de control en cada punto de recarga y los conectores que se pueden utilizar son: J1772, Mennenkes, Combinado y Scame.

Además, este modo de recarga gracias a un oscilador identifica el tipo de vehículo y sus características, el cual regula la secuencia de recarga a través de un sistema de impulsos modulados en DC. Se considera un tipo de recarga semi – rápida y sus tensiones pueden ser a 250 V y 480 V en monofásica y trifásica respectivamente. Ver **Figura 28** (Fernández & Coello, 2015).



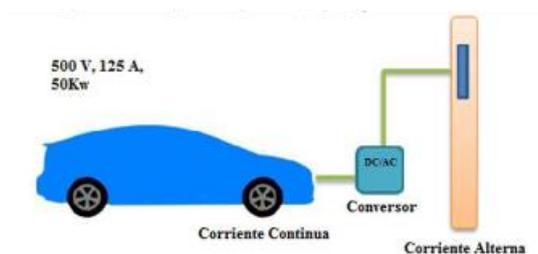
**Figura 28.** Modo de recarga 3.

**Fuente.** (Fernández & Coello, 2015).

#### 4.7.4 Modo 4

Grado de comunicación alto entre el vehículo y la red, teniendo en configuración de elementos un conversor de corriente continua, utilizando solo conectores como CHAdeMO. (Ibáñez, 2012)

Es un tipo de recarga rápido, los tiempos de recarga oscilan entre los 10 y 30 minutos en completar del 20% al 80%, el acceso al vehículo se da por un convertidor DC/AC con potencias, tensiones y corrientes relativamente altas (50 kW, 500 V, 125 A). Ver **Figura 29** (Fernández & Coello, 2015).



**Figura 29.** Modo de recarga 4.

**Fuente.** (Fernández & Coello, 2015).

#### 4.8 Metodología para la estimación de consumo energético

La metodología utilizada para la estimación del consumo energético vehicular será únicamente a través de la carga que tenga el vehículo eléctrico y para tener una referencia de lo que consume en unidades de energía, se verán a continuación en la, **Tabla 2** y **Tabla 3**:

**Tabla 2.** Equivalencias de barriles en bep.

1 bbl de petróleo	=	1.0015 bep
1 bbl de gasolina	=	0.8934 bep
1bbl de diésel	=	1.0015 bep
1 bbl de GLP	=	0.6701 bep

**Nota.** Fuente: (OLADE , 2017)

**Tabla 3.** Equivalencia de bep a MWh

1 bep	=	1.613944 MWh
-------	---	--------------

**Nota.** Fuente: (OLADE , 2017)

Donde bbl es la abreviatura de barril, bep es barril equivalente de petróleo y MWh de megavatio – hora.

## **4.9 Vehículo eléctrico**

Un vehículo eléctrico es un automóvil que utiliza energía eléctrica para funcionar, en lugar de los combustibles fósiles procesados. Almacena la energía en baterías recargables para una autonomía propia, transformando ésta en energía mecánica (Trashorras, 2019).

### **4.9.1 Tipos de vehículos eléctricos**

#### **4.9.1.1 EV (Vehículo eléctrico)**

Es un tipo de vehículo eléctrico que utiliza solamente energía eléctrica para moverse o también llamado eléctrico puro. Poseen un sistema de almacenamiento de energía en baterías recargables (Trashorras, 2019).

#### **4.9.1.2 HEV (Híbrido eléctrico no enchufable)**

Posee un motor de combustión interna y uno o varios motores eléctricos. Los dos tipos de motores se utilizan para mover el vehículo. Dependiendo del fabricante, el vehículo puede funcionar en modo eléctrico al 100 % o de manera híbrida cuando el vehículo se encuentra en estado de reposo. Las baterías suelen recargarse mediante el sistema de recuperación de energía de frenado o con el motor térmico (Trashorras, 2019).

#### **4.9.1.3 PHEV (Híbrido enchufable)**

Poseen un motor de combustión interna, un motor eléctrico y una batería. Tienen baterías de mayor capacidad de almacenamiento, por lo que, necesitan alimentación de la red eléctrica (Trashorras, 2019).

#### **4.9.1.4 EREV (Eléctrico de autonomía extendida)**

Tiene un motor de combustión de interna que sirve como generador de electricidad, para alimentar las baterías cuando estas se encuentran con niveles bajos de energía. Pueden ser de tipo conectable a la red, así como no (Trashorras, 2019).

#### **4.9.1.5 FCEV (Con pila de combustible de hidrógeno)**

Los motores eléctricos que poseen funcionan con energía proveniente de una pila de combustible que utiliza hidrógeno, más no de una batería, propia de los vehículos eléctricos (Trashorras, 2019).

### **4.9.2 Tipos de baterías**

Existen cuatro tipos de baterías utilizados comúnmente en los vehículos eléctricos:

#### **4.9.2.1 Baterías de plomo – ácido**

Estas baterías han sido ampliamente utilizadas en la industria debido a su alta fiabilidad y bajo costo. Por lo tanto, han alcanzado su pleno desarrollo tecnológico y dominado el mercado de automóviles. A pesar de esto, se enfrentan a algunas desventajas, como una baja

densidad energética, un peso elevado y la necesidad de mantenimiento, lo que las hace menos efectivas en comparación con las baterías de ion-litio (Sánchez Pérez, 2021).

#### 4.9.2.2 **Baterías de níquel – cadmio**

La principal ventaja de estas baterías radica en su durabilidad, y que además se pueden descargar completamente sin sufrir daños, lo que facilita su reciclaje. La principal barrera es que, su empleo en el sector automovilístico no resulta rentable (Sánchez Pérez, 2021).

#### 4.9.2.3 **Baterías de níquel – MH**

Estas baterías son ampliamente utilizadas en vehículos híbridos y eléctricos debido a sus múltiples ventajas. Aunque no tienen una densidad energética tan alta como las baterías ion-litio, ésta es aceptable. También tienen un alto número de ciclos de carga y descarga, siempre y cuando la tasa de descarga no sea muy alta. Por otra parte, pueden operar en un amplio rango de temperatura, son inofensivas para el medio ambiente y son reciclables (Sánchez Pérez, 2021).

#### 4.9.2.4 **Baterías de ion – litio**

En la actualidad, estas baterías son populares entre los fabricantes de vehículos híbridos debido a su alta densidad de energía y potencia específicas, así como su voltaje de celda superior al de otras baterías. Aunque tienen un elevado precio, ofrecen un mayor ciclo de vida, posibilidad de reciclaje y no requieren demasiado mantenimiento. Además, cumplen con las características fundamentales requeridas por las baterías actuales, ya que son ligeras, tienen una descarga lenta y un tiempo de recarga relativamente rápido, lo que las convierte en una de las opciones tecnológicamente viables más eficientes en la actualidad (Sánchez Pérez, 2021).

### 4.10 **Normativa Nacional para los puntos de recarga**

En el Ecuador no existe una normativa que rijan las instalaciones que sirvan como punto de recarga para vehículos eléctricos, ya sea de tipo electrolinerías o fotolinerías. Dado esto no se puede dejar de lado el régimen tarifario y de servicio hacia el consumidor (Méndez Jaramillo, 2023).

Existen regulaciones de acuerdo a factores como tipo de vehículo, modo de carga, niveles de carga, tipo de carga, estructura para vehículos livianos y pesados, que dictaminan el costo del servicio para la recarga de vehículos eléctricos. Con los tipos mencionados anteriormente, la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2656 clasifica a los vehículos eléctricos de acuerdo a su tipo, es decir; en pesados y livianos. Finalmente, con esta tipología se consideran los modos de recarga que, a su vez, dan a conocer la tarifa que se debería pagar por la recarga de los vehículos eléctricos (Méndez Jaramillo, 2023). En la **Tabla 4**, se verán reflejados los valores descritos anteriormente.

**Tabla 4.** Estructura tarifaria para vehículos eléctricos.

Tipo de vehículo	Modo	Nivel	Tipo	Corriente	Potencia
Vehículo liviano	Modo 3	Nivel 2 - AC	Semi rápida	AC	$\leq 22$ kW
			Rápida	AC	$> 22$ kW
	Modo 4	DCCF	Ultra rápida	CC	$\geq 50$ kW
Vehículo pesado	Modo 3	Nivel 2 - AC	Rápida	AC	$\geq 22$ kW
	Modo 4	DCCF	Ultra rápida	CC	$\geq 50$ kW

**Nota.** Fuente: (Méndez Jaramillo, 2023).

## 5. Metodología

### 5.1 Área de trabajo

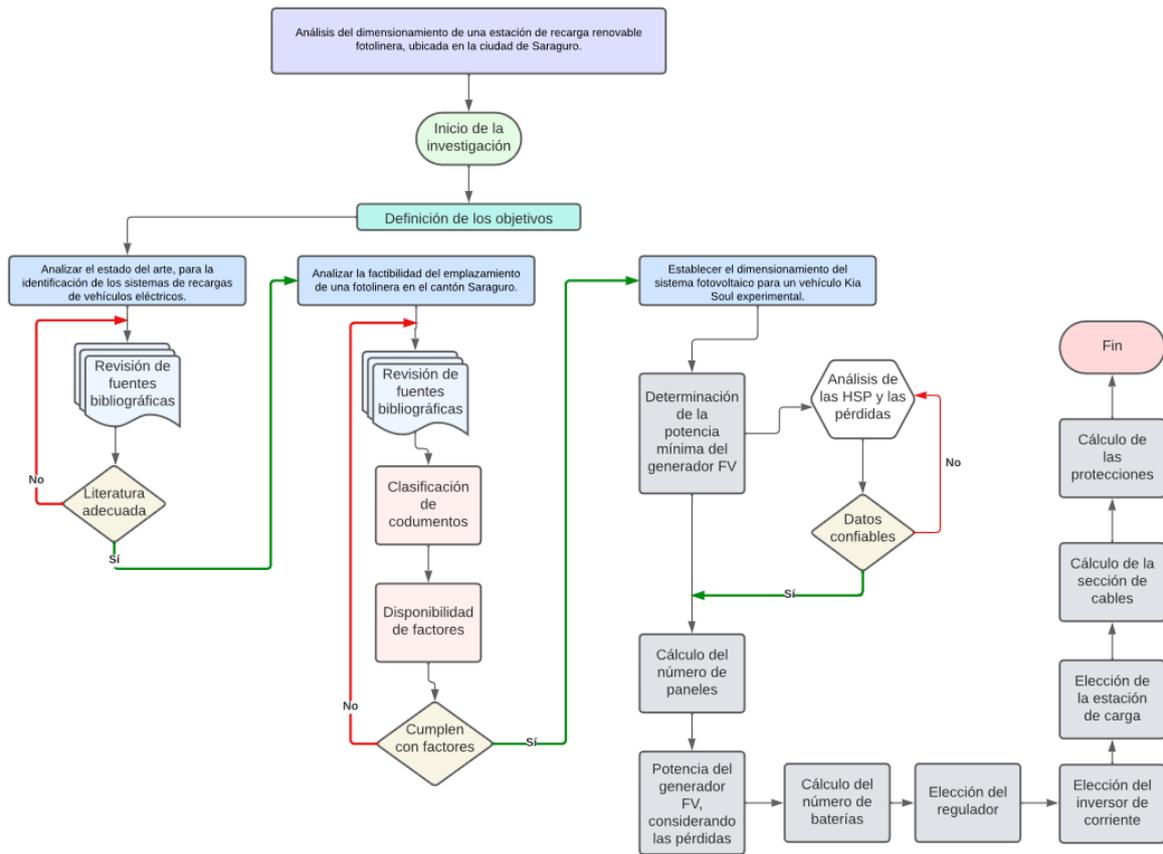
El proyecto de investigación se realizó en la ciudad de Saraguro, en la carretera panamericana E-35 a la altura del kilómetro 63 de la vía Loja – Cuenca, en el sector de las inmediaciones del estadio municipal de Saraguro. Este lugar se encuentra alrededor de 2485 m.s.n.m y su temperatura oscila entre los 14 °C. Esta cuenta con 30000 habitantes aproximadamente repartidos en 10 parroquias rurales y 1 urbana. Las coordenadas de latitud y longitud del lugar son: 3°37'20.7"S 79°14'01.9"W.

### 5.2 Equipos

- Recursos tecnológicos
  - Computadora (Excel, AutoCAD, Word, SketchUp)
- Recursos bibliográficos
  - Tesis de grado realizadas con fines de creación de electricidad a partir de energía solar.
  - Artículos científicos sobre la radiación en paneles solares.

### 5.3 Diagrama de flujo

En la **Figura 30** se evidencia la forma de cómo se procedió con el desarrollo del presente documento.



**Figura 30.** Diagrama de flujo.

## 5.4 Procedimiento

El método de estudio fue hipotético – deductivo, debido a que se planteó como hipótesis general: “A partir del estudio de la estación de carga renovable, se dispondrá de una propuesta de energía limpia para un modelo de vehículo eléctrico, ubicada en la ciudad de Saraguro” y a partir de ello se obtuvo resultados que permitan justificar esta hipótesis.

El enfoque del proyecto de investigación fue cuantitativo, debido a que a partir de una idea se siguió una serie de pasos importantes que no se puede omitir ninguno, debido a que el proceso no se completaría y a partir del completo análisis se busca resultados desde una hipótesis general y dar solución a un problema específico.

El tipo de investigación fue descriptivo debido a que se analizó un fenómeno como la irradiación solar para generar energía eléctrica, a través de un completo análisis de los equipos a utilizar, determinando sus valores por medio de fórmulas matemáticas, analizando y validándolo con teoría planteada en diferentes libros y documentos especializados en el tema.

### 5.4.1 Primer objetivo

La información y adquisición de conocimientos para la definición del estado del arte es de suma importancia, ya que a través de ellos se puede obtener información actual de un área

específica. Para adquirir información y conocimientos sobre el estado del arte en un campo determinado, es fundamental realizar una investigación rigurosa y exhaustiva, utilizando las diferentes herramientas tecnológicas que tenemos hoy en día. Esto puede implicar la revisión de publicaciones académicas y científicas. Es importante conocer las definiciones y conceptos clave relacionados con el estado del arte para poder comprender mejor los avances en un campo determinado y para contribuir y mejorar el conocimiento existente.

Una vez conocidos los lineamientos para la escritura del estado del arte, se definió el tema que se va abordar, en este caso la generación de energía para la implementación de los sistemas fotovoltaicos utilizados para la recarga de vehículos eléctricos. Con la información adquirida sobre las fotolineras, se procedió a sintetizar la información de manera que, esta quede ordenada de acuerdo con el año de publicación y con la información más relevante. Esto facilitó la búsqueda sobre los distintos elementos que conforman una instalación fotovoltaica como: módulos fotovoltaicos, regulador de carga, inversor, sistema de almacenamiento, estación de carga, etc. Esta actividad se realizó utilizando Excel con una base de datos existente.

#### **5.4.2 Segundo objetivo**

Para la adquisición de la información sobre el lugar de emplazamiento, se recurrió a tesis de grado y documentación verídica que ayudaron en la determinación del mejor sitio. Se plantearon inicialmente como tentativas a tres lugares: “La Quesera”, “Estadio Municipal” y “Parque Saludable”. Estos cumplen con los distintos factores que se mencionan en las fuentes bibliográficas revisadas, pero un distintivo y determinante factor para descartar a dos de ellos fue la cantidad de obstáculos que interfieren en la captación del recurso solar. Luego, se definió que el lugar idóneo para el emplazamiento era el “Estadio Municipal”, porque no cuenta con interferencias para el aprovechamiento del recurso solar, esto lo corroboran imágenes del lugar y el estudio solar que se realizó.

La radiación en el cantón Saraguro se determinó a partir de software de uso libre en internet, como lo son: PVGIS, POWER SOLAR NASA y METEONORM. Los datos recolectados fueron de un periodo de 10 años, esto con el fin de obtener valores que se ajusten más a la realidad. Los valores arrojados por los programas dan un promedio de 4 horas sol al día aceptable, porque al poner este valor a comparación con valores de trabajos similares, guardan relación. Los cálculos se realizaron mediante hojas de Excel.

#### **5.4.3 Tercer objetivo**

La teoría necesaria para los sistemas fotovoltaicos se la detalló en el estado del arte, por lo que, al analizar la información se determinaron los elementos necesarios para el diseño de

una estación de recarga para el vehículo eléctrico Kia Soul. Una vez conocidos los elementos, se obtuvo información técnica de la página oficial KIA del vehículo eléctrico modelo Soul, tal como: capacidad de batería, tipo de cargador, motor del vehículo, potencia, par motor, información necesaria para estimar el consumo que tiene la fotolinera.

Para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico para la recarga del vehículo eléctrico Kia Soul, se utilizó el manual de “**Metodología de diseño y presentación de proyectos para la electrificación rural con sistemas fotovoltaicos aislados**” dado por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, mismo que proporciona los métodos para el dimensionamiento.

El primer paso consiste en determinar la carga de consumo, dado por la capacidad de la batería del vehículo. Luego, se debe conocer la potencia mínima generada por el campo solar, de modo que abastezca el consumo eléctrico del vehículo. Esto se da en base a la carga antes mencionada, la hora solar pico (*HSP*) y el factor global de pérdidas o performance ratio (*PR*). Todo esto se calcula con la **Ecuación 1**.

Para conocer el *PR* se debe acudir a las **Ecuación 2**, la cual detalla cada uno de los parámetros a calcular como son: pérdidas por temperatura que se debe utilizar las **Ecuaciones 3 y 4** y para las demás pérdidas se debe considerar lo expuesto en el apartado 5.5.3.3.

Luego de la determinación de la potencia mínima generada, se debe elegir el panel solar a utilizar en la instalación FV y la tensión nominal del sistema que debe ser 12, 24 o 48V. Seguidamente ver la información técnica del mismo para recolectar los datos como:  $P_{m\acute{a}x}$ ,  $V_{mp}$ ,  $I_{mp}$  y con ellos acudir a las **Ecuaciones 5 y 6** en donde se determina el número de paneles conectados en serie ( $N_s$ ) y paralelo ( $N_p$ ).

La potencia pico que debe tener la instalación se la calcula con la **Ecuación 7**, que está en función de  $N_s$ ,  $N_p$ ,  $P_{mp}$  y el valor debe ser superior al de la potencia mínima generada, para corroborar que los cálculos están realizados correctamente.

El sistema acumulador de energía ( $C_{acum}$ ) se lo calcula con la **Ecuación 8**, que está en función del consumo diario, los días de autonomía de la instalación ( $N$ ), el voltaje nominal del sistema ( $V_{n, sis}$ ) y la profundidad de la descarga ( $PD$ ). Con este resultado acudimos a las **Ecuaciones 9, 10 y 11** para obtener el número de baterías.

Para el regulador de carga se debe tomar en cuenta la corriente proveniente de los String, es decir se debe configurar los paneles de acuerdo a la cantidad de voltaje y corriente que deseemos tener.

De igual forma, para la selección del inversor se debe tener en cuenta que tanta potencia puede este suministrar a la estación de carga. Si la carga a abastecer es grande, se debe calcular instalaciones pequeñas de modo que se logre el objetivo. En el apartado 5.5 se explica con mayor detenimiento este proceso.

## **5.5 Procesamiento y análisis de datos**

### **5.5.1 Primero objetivo**

Este objetivo es netamente teórico, por lo que la información que se recopiló para su descripción, se la obtuvo de documentación verídica, previamente revisada, de tal modo que en la adquisición del conocimiento sobre los sistemas de recarga para vehículos eléctricos sea de calidad, como se menciona a continuación:

#### **5.5.1.1 Fuentes de información**

Un aspecto importante que considerar son las fuentes de información bibliográfica previamente revisadas como; tesis, artículos científicos, documentos de sitios web, etc. De modo que la información recopilada sea de calidad, que ayude en el cumplimiento de las distintas normativas existentes, tanto a nivel nacional, así como en el internacional. Siendo esto un aspecto clave para que los sistemas de recarga fotovoltaicos funcionen adecuadamente y sean considerados fuente de seguridad cuando los vehículos eléctricos realicen viajes de recorrido extenso.

Los documentos investigados se presentan a continuación:

- Diseño y evaluación de un sistema fotovoltaico aislado para iluminación en vías rurales y carga de vehículos eléctricos basado en un enfoque multipropósito (Villareal & Cuji, 2023).
- Estrategias para gestionar el crecimiento de la infraestructura de recarga para vehículos eléctricos en Colombia (Theran, 2024).
- Implementación de una electrolinera para vehículos livianos (Sánchez & Salazar, 2021).
- Características de baterías para sistemas fotovoltaicos (Alarcon & Sánchez, 2021).
- Análisis de viabilidad para la implementación de vehículos eléctricos. (Chuquiguanga & Jiménez, 2018)
- Análisis de factibilidad para la implementación de vehículos eléctricos en correos del Ecuador para la ciudad de Cuenca (Cajamarca, 2020).

- Diseño de una instalación fotovoltaica para conexión a red y recarga rápida de vehículos eléctricos (Fernández Durán, 2016).
- Sistema autónomo para carga de baterías mediante una instalación fotovoltaica con aplicación directa al vehículo eléctrico y otros usos (Barbero, 2016).
- El vehículo eléctrico análisis de su infraestructura de carga y su integración a una smart grid (Fernández & Coello, 2015).

#### 5.5.1.2 **Definición del alcance**

Para la delimitación del presente tema de tesis, se consideró específicamente el tipo de instalación fotovoltaica FV que se va a analizar, centrándose en su dimensionamiento y características técnicas. La relevancia de esta delimitación radica en la necesidad de obtener datos precisos y específicos sobre sistemas FV aislados de la red, diseñados para la recarga de vehículos eléctricos. Por esta razón, se priorizó la revisión de documentos provenientes de fuentes confiables en el ámbito científico y tecnológico. Entre las fuentes consultadas se incluyen Google Académico, IEEE Xplore, ScienceDirect y Scielo, bases de datos que garantizan la calidad de la información.

Inicialmente, se establecieron criterios de selección rigurosos para asegurar que solo se consideraran estudios pertinentes y de alta calidad. Se revisaron documentos que abordaran no solo el diseño y dimensionamiento de sistemas FV aislados, sino también su eficiencia, capacidad de almacenamiento, y su integración con sistemas de recarga de vehículos eléctricos.

Durante el proceso de selección, se puso especial énfasis en la actualidad de la información. Por lo tanto, se eligieron documentos publicados en los últimos diez años. Esta restricción temporal fue crucial para asegurar que los datos y tendencias tecnológicas analizadas reflejaran los avances más recientes en el campo de la energía fotovoltaica y la movilidad eléctrica. La información actualizada no solo es vital para la propuesta de soluciones prácticas y aplicables.

#### 5.5.1.3 **Métodos de recolección y análisis de la información**

Para llevar a cabo esta investigación, se inició con una búsqueda general de documentación relevante que abordara una variedad de temas: fuentes de energía renovable, sistemas fotovoltaicos FV, recarga de vehículos eléctricos, electrolinerías y paneles solares. Esta fase inicial empleó motores de búsqueda en internet, repositorios universitarios y suscripciones a revistas académicas y científicas. El objetivo fue reunir una base de datos amplia y variada que permitiera un análisis comprensivo de las tendencias actuales y futuras

en estos campos, asegurando así una cobertura completa y actualizada de la información disponible.

La organización de la información recolectada se estructuró en dos etapas clave. En la primera etapa, se realizó una revisión preliminar donde solo se consideraron los títulos de los documentos para identificar aquellos que estuvieran directamente relacionados con los temas de interés. Esta filtración inicial permitió enfocar los esfuerzos en material de calidad. Se trató de asegurar que cada documento seleccionado tuviera un enfoque claro y pertinente hacia los sistemas fotovoltaicos y su aplicación en la recarga de vehículos eléctricos.

En la segunda etapa, se procedió con un análisis más detallado de los documentos seleccionados. Aquí, se evaluó la información basada en el año de publicación para asegurar la inclusión de las investigaciones más recientes y relevantes. Se prestó especial atención a los sistemas fotovoltaicos aislados de la red, buscando documentos que ofrecieran información específica sobre desarrollos actuales, tendencias tecnológicas y estudios de caso aplicables. Esta etapa fue crucial para discernir entre estudios descriptivos y aquellos que aportaban datos valiosos sobre la evolución y aplicación de tecnologías FV en la recarga de vehículos eléctricos. Además, se buscó identificar innovaciones tecnológicas y mejores prácticas que podrían ser aplicables en diferentes contextos.

Para gestionar y analizar la información de manera eficiente, se creó una hoja de cálculo en Excel. En esta hoja, se registraron detalles esenciales de cada documento, como el título, año de publicación, entidad responsable y ubicación. Esta sistematización facilitó no solo el acceso rápido a la información relevante sino también la identificación de patrones y tendencias a lo largo del tiempo y de diferentes regiones. Al final, este enfoque meticuloso y estructurado permitió desarrollar una comprensión profunda y detallada del estado del arte en sistemas fotovoltaicos y su integración en la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en el campo.

### 5.5.2 Segundo objetivo

La factibilidad del emplazamiento es el segundo punto a considerar al momento de realizar una estación de recarga renovable, analizando cada uno de los aspectos que den la seguridad para su implementación, si así se lo desearía.

Saraguro es un cantón de la provincia de Loja, situado al norte de esta. Cuenta con un tipo de clima frío, la altura a la que se encuentra es a 2485 m.s.n.m. y su temperatura tiene un promedio de 14 °C. Esta cuenta con 30.000 habitantes repartidos en 10 parroquias rurales y 1 urbana.

Según los datos proporcionados por (Méndez Jaramillo, 2023), se tiene a Saraguro como un lugar propicio para la apertura de estos servicios debido a las múltiples ventajas que posee esta ciudad. Las condiciones que catalogan a este lugar como idóneo son:

#### 5.5.2.1 Factor ambiental

El factor ambiental es importante a la hora de realizar proyectos energéticos, sobre todo en lugares donde existan zonas protegidas. Saraguro no está restringido por entidades gubernamentales que imposibiliten la instalación de un punto de recarga para vehículos eléctricos.

**Tabla 5.** Ponderación e indicadores de evaluación del medio ambiente.

Rango	Ponderación	Áreas protegidas
Ideal	1	No está en un área protegida
Aceptable	0,5	Dentro del área protegida (se debe gestionar la obtención de permisos ambientales y de construcción, etc.)
No aceptable	0	Dentro del área protegida (no se puede gestionar permisos para la implementación de una estación de carga)

**Nota.-** Fuente: (Méndez Jaramillo, 2023)

#### 5.5.2.2 Factor social

Este factor hace referencia a la calidad de vida de las personas y la accesibilidad a cualquier lugar es lo más importante para el desarrollo de los pueblos, es por eso que Saraguro al ser un cantón ubicado entre dos ciudades importantes como lo son Loja y Cuenca, cuenta con vías de primer orden. Además, es importante mencionar que los lugares escogidos para la posible instalación de este punto de recarga, son lugares que se encuentran en la vía principal

E-35, la cual consta de hormigón armado, tiene señalización y alumbrado público y zonas de confort.

**Tabla 6.** Ponderación e indicadores de evaluación de factor social.

Rango	Ponderación	Servicio de alumbrado público	Zona poblada	Áreas comerciales
Ideal	1	Si existe	Dentro de un pueblo	Áreas comerciales $\geq 2$ , en un radio $\leq 200$ m
Aceptable	0,5	-	Presencia de algunas casas	Áreas comerciales =1, en un radio $\leq 200$ m o áreas comerciales $\geq 2$ , en $200 \text{ m} < \text{radio} \leq 400 \text{ m}$
No aceptable	0	No existe	Zona despoblada	No existen zonas comerciales en la zona

**Nota.-** Fuente: (Méndez Jaramillo, 2023)

#### 5.5.2.3 Factor económico

La economía en Saraguro es buena, existen comercios de toda índole, estos se encuentran ubicados en los lugares céntricos del cantón y locales comerciales en la vía panamericana, por lo que este factor hace de Saraguro un lugar exclusivo, que incluso existen proyectos novedosos y amigables con el medio ambiente como el Parque Eólico Huascachaca.

**Tabla 7.** Ponderación e indicadores de evaluación de factor económico.

Rango	Ponderación	Costo de instalación
Ideal	1	$< 73\ 188.75$
Aceptable	0,5	$73\ 188.75 \geq \text{costo} \leq 84\ 816.56$
No aceptable	0	$> 84\ 816.56$

**Nota.-** Fuente: (Méndez Jaramillo, 2023)

#### 5.5.2.4 Factor geográfico y de carretera

La selección del lugar para una estación de recarga debe considerar varios factores clave. La topografía del terreno cercano influye mucho en la seguridad de la construcción, requiriendo una distancia mínima de seguridad desde la entrada del proyecto hasta los límites de terrenos adyacentes para evitar riesgos como inundaciones y deslaves. Además, es esencial que la estación cuente con un espacio de parqueo adecuado para facilitar maniobras y circulación, con un área mínima recomendada de 15 m<sup>2</sup>, ampliable a 60 m<sup>2</sup> para estaciones con carga simultánea. Por último, el estado de la red vial es crucial, ya que es necesario identificar zonas propensas a accidentes naturales y considerar el número de carriles de la vía, lo cual influye en el desarrollo futuro de la propiedad.

**Tabla 8.** Ponderación e indicadores de evaluación para el factor geográfico.

<b>Rango</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Disponibilidad de terreno</b>	<b>Estado de la red vial</b>
Ideal	1	área $\geq$ 60 m <sup>2</sup>	Bueno (no hay baches, no hay fallas geológicas y hay señalización)
Aceptable	0,5	-	Circular con precaución (derrumbes cercanos con vía habilitada)
No aceptable	0	área $<$ 60 m <sup>2</sup>	Malo (hay derrumbes, mala señalización, fallas geológicas, vía cerrada)

**Nota.-** Fuente: (Méndez Jaramillo, 2023)

Para la ponderación de cada lugar se utilizarán las **Tabla 5**, **Tabla 6**, **Tabla 7**, **Tabla 8**. Mientras que para el porcentaje de cada factor se utilizará la **Tabla 9**.

**Tabla 9.** Porcentajes de ponderación por sitio.

<b>Factores</b>	<b>Porcentaje de viabilidad del lugar (%)</b>	<b>Comentario</b>
<b>Ambiental</b>	15	El factor geográfico debe cumplir con un porcentaje mínimo de 15 %, teniendo en cuenta que debe satisfacer la condición de disponibilidad de terreno y un estado de la red vial aceptable; y el factor ambiental debe cumplir con un mínimo de 5 %.
<b>Social</b>	30	
<b>Económico</b>	15	
<b>Geográfico</b>	40	
<b>Σ</b>	<b>100</b>	

#### 5.5.2.5 Posibles lugares de emplazamiento

Como se mencionó en el apartado anterior el sitio debe ser un punto del trayecto cerca de la vía principal, donde se tenga accesibilidad a los distintos servicios, como: alimentación, unidades sanitarias, etc. En el trayecto de la vía estatal E-35, considerando la dirección Loja – Cuenca, y desde la altura del km 59 al 63, se encuentran los lugares denominados “La Quesera”, “Estadio Municipal” y “Parque Saludable”. Estos lugares cuentan con negocios dedicados a la alimentación y el esparcimiento, además cuentan con artesanías propias de la cultura Saraguro, haciendo de estos lugares propicios para la instalación de puntos de recarga a partir de energías renovables.

En la **Figura 31**, **Figura 32** y **Figura 33** se verán los lugares descritos anteriormente.



**Figura 31.** Lugar, “La Quesera”.



**Figura 32.** Lugar, "Estadio Municipal".



**Figura 33.** Lugar, "Parque Saludable".

Dentro de los factores descritos en el apartado 5.5.2 a continuación se detallan las facilidades que brinda Saraguro para el emplazamiento de una estación de recarga para vehículos eléctricos.

### **5.5.3 Tercer objetivo**

#### **5.5.3.1 Determinación de la carga**

Conforme a las especificaciones técnicas del vehículo eléctrico Kia Soul, para suplir su demanda, se debe tener en cuenta para cuál de los dos tipos de vehículo se realiza el dimensionamiento de la fotolinera. La demanda de energía, la determina la batería del VE por lo que en la **Tabla 10**, existen las características de los dos tipos de vehículos eléctricos que ofrece la marca Sur Coreana.

**Tabla 10.** Datos técnicos del vehículo eléctrico Kia Soul.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
Motor eléctrico		Rango medio	Rango largo
	Tipo	Motor de imanes permanentes	
	Potencia máxima (kW)	100	150
	Potencia máxima (Cv)	134.10	201.15
	Torque máximo (Nm)	395	395
Batería	Tipo	LIPB (Baterías de polímero de ion - litio)	
	Voltaje (V)	327	356
	Capacidad (kWh)	120	180
	Potencia (kW)	104	170
	Peso (kg)	317	457
Rendimiento	Aceleración en segundos (0 a 100 km/h)	9,9	7,9
	Velocidad máxima (km)	157	167
	Autonomía (km)	276	452

Nota. Fuente: (KIA, 2021)

Una vez determinado el rango del vehículo eléctrico y para el cual se va a diseñar el sistema fotovoltaico, la carga o capacidad de almacenamiento de la batería es 120 kWh.

Seguidamente se analizó la “**Metodología de diseño y presentación de proyectos para la electrificación rural con sistemas fotovoltaicos aislados**” por lo cual se utilizaron las siguientes fórmulas para calcular cada uno de los elementos del sistema.

Una particularidad importante a considerar, antes de empezar los cálculos para el dimensionamiento del sistema FV es el tamaño de la carga a abastecer, por lo que, al tener una carga alta, los elementos del sistema deberán ser los correctos para esta denominación, es decir se debe considerar que trabajen con altas potencias y deban ser específicamente para sistemas aislados. Por lo que luego de las investigaciones pertinentes sobre los distintos componentes

que integran los sistemas FV, los cálculos se realizarán en base al inversor de corriente, ya que el máximo disponible en el mercado es de 10 kVA.

A partir de esto se considerarán cuatro, es decir, del consumo de 120kWh/día que se tiene inicialmente, ahora se tendrá cuatro sistemas de 30 kWh/día cada uno, que alimentarán a una barra de conexiones y entre todos estos pequeños generadores FV brindar la energía necesaria para alimentar la estación de carga.

### 5.5.3.2 Selección de la tensión nominal del sistema

La selección de la tensión nominal del sistema es el primer punto a definir, por lo que al analizar la carga que se tiene que abastecer, se debe considerar una tensión directamente proporcional, es decir, utilizar una tensión relativamente alta con el fin de reducir el número de elementos y sus valores característicos. Dado esto la tensión definida para el sistema es de 48 V en corriente continua.

### 5.5.3.3 Cálculo del generador fotovoltaico

Para este punto se debe tener en cuenta que se calculará la potencia mínima que tendrá el campo solar, para ello se utiliza la **Ecuación 1** que está en función del consumo o carga establecida, las horas solar pico (HSP mínimo) y un factor global de pérdidas o Performance Ratio (PR).

$$P_{\text{mín,gen}} = \frac{\text{Consumo (kWh/día)}}{\text{HSP} * \text{PR}} \quad (1)$$

Donde:

$P_{\text{mín,gen}}$ : Potencia mínima generada.

$\text{Consumo}$ : Consumo de cada sistema fotovoltaico.

$\text{HSP}$ : Horas solar pico.

$\text{PR}$ : Performance ratio.

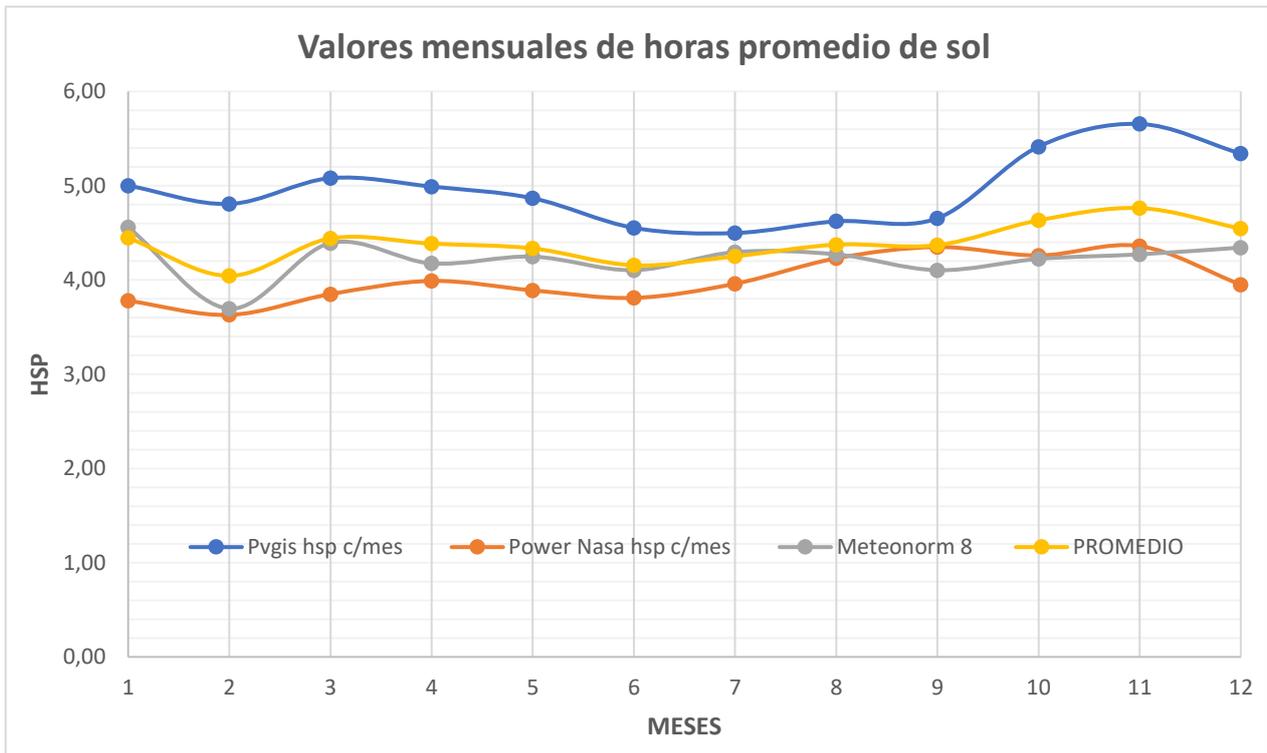
Las HSP se las determina con base a la radiación existente en el lugar de emplazamiento, para ello se acudió a fuentes de información conocidas como, Power Solar Nasa, Pvgis y Meteonorm 8, donde se realizó un promedio de los datos arrojados, en la **Tabla 11** se detalla las HSP de cada mes por un periodo de 10 años. Mientras que en la **Figura 34** se encuentra la gráfica de la irradiación mensual de estas tres páginas y el promedio de las mismas, valor con el cual se puede trabajar para efectos de cálculo.

Es necesario mencionar que para el dimensionamiento del sistema FV, se optó por seleccionar un panel solar **Tiger Neo N-type 78HL4-(V) 610 Wp**. La ficha técnica se encuentra en la **Figura 35**.

**Tabla 11.** Valores mensuales de horas promedio de sol.

<b>Mes</b>	<b>Pvgis HSP c/mes</b>	<b>Power Nasa HSP c/mes</b>	<b>Meteonorm 8 HSP c/mes</b>	<b>promedio (h)</b>
<b>Enero</b>	5.00	3.78	4.56	4.45
<b>Febrero</b>	4.81	3.63	3.70	4.04
<b>Marzo</b>	5.08	3.85	4.39	4.44
<b>Abril</b>	4.99	3.99	4.18	4.39
<b>Mayo</b>	4.87	3.89	4.25	4.34
<b>Junio</b>	4.55	3.81	4.10	4.16
<b>Julio</b>	4.50	3.96	4.30	4.25
<b>Agosto</b>	4.62	4.23	4.27	4.38
<b>Septiembre</b>	4.66	4.35	4.10	4.37
<b>Octubre</b>	5.42	4.26	4.22	4.63
<b>Noviembre</b>	5.66	4.36	4.27	4.76
<b>Diciembre</b>	5.34	3.95	4.34	4.55
			<b>HSP mínimo</b>	<b>4.04</b>
			<b>HSP</b>	<b>4.04</b>

Nota. Fuente: (PVGIS, 2021), (POWER SOLAR NASA, 2021) (Meteonorm 8)



**Figura 34.** Relación HSP - Mes.

Como se mencionó, el cálculo del generador fotovoltaico está en función de distintos factores, uno de ellos es el Performance Ratio (PR) el cual expresa la relación del rendimiento energético real, con respecto al rendimiento energético teórico que se calcula con la **Ecuación 2**:

$$PR (\%) = (1 - P_{temp})(1 - P_{som})(1 - P_{suc})(1 - P_{cab})(1 - P_{ori_{inc}}) * \eta_{inv} \quad (2)$$

Donde:

$P_{temp}$ : Pérdidas por temperatura.

$P_{som}$ : Pérdidas por sombras.

$P_{suc}$ : Pérdidas por suciedad.

$P_{cab}$ : Pérdidas en el cableado.

$P_{ori_{inc}}$ : Pérdidas por orientación e inclinación.

$\eta_{inv}$ : Rendimiento del inversor.

Cada una de estas pérdidas, se detallarán y su forma de cálculo a continuación:

**Pérdidas por temperatura.**

Se necesita conocer el porcentaje de las pérdidas por temperatura, ya que estas afectan directamente a la tensión y corriente del panel solar, se utiliza la **Ecuación 3**, descrita a continuación:

$$Pérdidas (\%) = \nabla P_{MPP} * (T_{cel} - 25) \quad (3)$$

Dada esta ecuación, se tiene que el coeficiente de temperatura ambiente de potencia máxima ( $\nabla P_{MPP}$ ) es  $-0.30 \%/^{\circ}\text{C}$ , este valor es tomado de las especificaciones técnicas del panel solar indicado en la **Figura 35**, y la temperatura del módulo solar ( $T_{cel}$ ) se la calcula mediante la **Ecuación 4** descrita a continuación:

$$T_{cel} = T_{amb} + G * \left( \frac{T_{ONC} - 20^{\circ}\text{C}}{800 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}} \right) \quad (4)$$

Donde:

$T_{cel}$ : Temperatura del módulo ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$T_{amb}$ : Temperatura ambiente ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$T_{ONC}$ : Temperatura de funcionamiento normal de la célula ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$G$ : Irradiancia ( $\text{W}/\text{m}^2$ ).

La temperatura ambiente para cada mes, se obtiene de las mismas páginas de donde se obtuvo la irradiación, dando un promedio de la misma, descrito en la **Tabla 12**.

La irradiación mensual ( $G$ ) en  $\text{W}/\text{m}^2$  existente en el lugar, se la determina mediante la conversión de las HSP promedio indicadas en la **Tabla 12** multiplicadas por 41.66 que es un factor de conversión.

La temperatura de operación de la célula solar ( $T_{ONC}$ ) o ( $NOCT$ ), viene dado en las especificaciones técnicas del panel solar indicadas en la **Figura 35**.

Finalmente, en la **Tabla 12** se encuentran los resultados de aplicar las ecuaciones antes mencionadas y el promedio de pérdidas en porcentaje es de 1.62 %.

## SPECIFICATIONS

Module Type	JKM595N-78HL4 JKM595N-78HL4-V		JKM600N-78HL4 JKM600N-78HL4-V		JKM605N-78HL4 JKM605N-78HL4-V		JKM610N-78HL4 JKM610N-78HL4-V		JKM615N-78HL4 JKM615N-78HL4-V	
	STC	NOCT								
Maximum Power (Pmax)	595Wp	447Wp	600Wp	451Wp	605Wp	455Wp	610Wp	459Wp	615Wp	462Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	45.29V	41.93V	45.39V	42.05V	45.49V	42.16V	45.59V	42.28V	45.69V	42.39V
Maximum Power Current (Imp)	13.14A	10.67A	13.22A	10.73A	13.30A	10.79A	13.38A	10.85A	13.46A	10.91A
Open-circuit Voltage (Voc)	54.80V	52.05V	54.95V	52.20V	55.10V	52.34V	55.25V	52.48V	55.40V	52.62V
Short-circuit Current (Isc)	13.90A	11.22A	13.97A	11.28A	14.04A	11.34A	14.11A	11.39A	14.18A	11.45A
Module Efficiency STC (%)	21.29%		21.46%		21.64%		21.82%		22.00%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	30A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.30%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.25%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.046%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

**Figura 35.** Especificaciones técnicas del panel solar.

**Fuente.** (RenovaEnergía, 2022).

En la **Tabla 12** se encuentran los cálculos las pérdidas por temperatura:

**Tabla 12.** Pérdidas mensuales por temperatura.

Mes	HSP promedio	W/m2	T ambiente °C	T cel °C	Pérdidas (%)
<b>Enero</b>	4.45	185.30	14.3	20.09	1.47
<b>Febrero</b>	4.04	168.51	14.3	19.57	1.63
<b>Marzo</b>	4.44	185.04	14.1	19.88	1.54
<b>Abril</b>	4.39	182.73	14	19.71	1.59
<b>Mayo</b>	4.34	180.62	14	19.64	1.61
<b>Junio</b>	4.16	173.15	13.3	18.71	1.89
<b>Julio</b>	4.25	177.14	13.1	18.64	1.91
<b>Agosto</b>	4.38	182.29	13.1	18.80	1.86
<b>Septiembre</b>	4.37	182.07	13.4	19.09	1.77
<b>Octubre</b>	4.63	193.04	14.2	20.23	1.43
<b>Noviembre</b>	4.76	198.44	14.3	20.50	1.35
<b>Diciembre</b>	4.55	189.37	14.3	20.22	1.43
				<b>MÁXIMO</b>	<b>1.91</b>

Las pérdidas y valores prestablecidos, los da la Metodología de diseño y presentación de proyectos para la electrificación rural con sistemas fotovoltaicos aislados, mencionada inicialmente

#### **Pérdidas por sombras.**

Las pérdidas por sombras, como se indica en el estudio solar, son mínimas, debido a la inexistencia de obstáculos que puedan llegar a interferir en la captación del recurso solar.

#### **Pérdidas por suciedad.**

Las pérdidas por suciedad en los paneles solares al estar situados en la intemperie, donde suelen depositarse en su superficie restos de polvo y suciedad provocando una disminución en su potencia, están alrededor del 2 %.

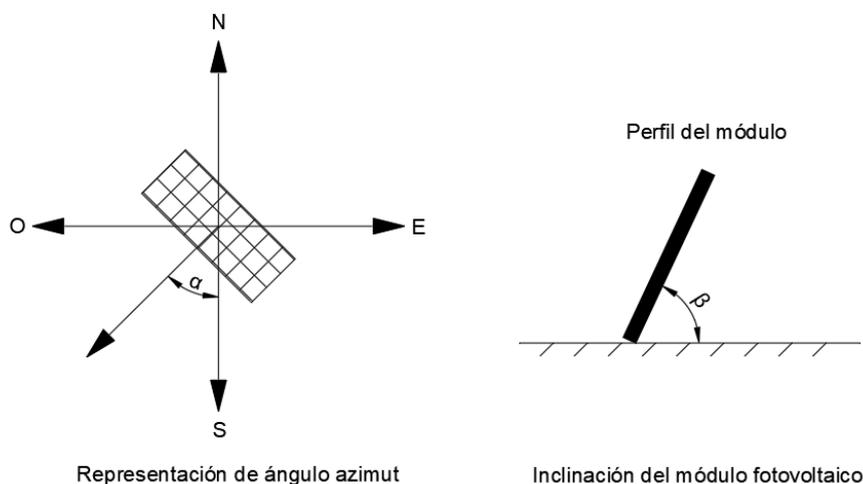
#### **Pérdidas por cableado.**

Las pérdidas en el cableado se calculan en función de la sección de los distintos cables que conforman el sistema fotovoltaico. Por lo general, para este tipo de instalaciones suelen estar entre el 1 % y 2 %, para efectos de cálculo consideraremos unas pérdidas de 1.5 %.

#### **Pérdidas por orientación.**

Las pérdidas por orientación e inclinación de paneles solares en un emplazamiento, varía en función de la latitud del lugar donde se los instala. Para determinar estas pérdidas debemos conocer los siguientes términos:

- Ángulo de inclinación ( $\beta$ ): ángulo que se forma entre la superficie de los módulos con el plano horizontal.
- Ángulo azimut ( $\alpha$ ): ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar.



**Figura 36.** Ángulo azimut e inclinación del módulo FV.

**Fuente.** (Santamarta, 2004).

Al encontrarse el presente proyecto de investigación en la zona ecuatorial, las pérdidas por orientación e inclinación no son muy relevantes para el cálculo de PR, en vista que los rayos solares llegan perpendicularmente sobre la superficie del emplazamiento.

**Rendimiento del inversor.**

Para este sistema fotovoltaico se considera el valor de funcionamiento habitual de las instalaciones fotovoltaicas, el cual está basado en el rendimiento (95 %), según las características del inversor escogido.

En la **Tabla 13** se encuentra el resumen de las pérdidas del sistema fotovoltaico y en la **Tabla 14** se encuentra el rendimiento del inversor:

**Tabla 13.** Resumen de pérdidas del sistema FV.

<b>Pérdidas globales del sistema fotovoltaico</b>	<b>%</b>
Pérdidas por sombreado ( <b><i>P<sub>som</sub></i></b> )	0
Pérdidas por temperatura (anuales) ( <b><i>P<sub>temp</sub></i></b> )	1.91
Pérdidas por orientación e inclinación ( <b><i>P<sub>ori_inc</sub></i></b> )	5
Pérdidas en el cableado ( <b><i>P<sub>cab</sub></i></b> )	10
Pérdidas por suciedad ( <b><i>P<sub>suc</sub></i></b> )	10

**Tabla 14.** Rendimiento del inversor.

Rendimiento del inversor ( <b><math>\eta_{inv}</math></b> )	91 %
---	------

Sustituyendo los datos de las pérdidas y rendimiento en la **Ecuación 2** se tiene el siguiente resultado:

$$PR (\%) = (1 - 0 \%) * (1 - 1.91 \%) * (1 - 0 \%) * (1 - 3 \%) * (1 - 2 \%) * 91 \%$$

$$PR (\%) = (1 - 0) * (1 - 0.0191) * (1 - 0) * (1 - 0.03) * (1 - 0.02) * 0.91$$

$$PR (\%) = \mathbf{0.85}$$

Una vez encontrado el factor global de pérdidas se tiene un valor de 0.85 lo cual no se asemeja al recomendado por la (IDAE, 2009). Dado esto, se considera un valor entre 0.6 y 0.7.

Con este PR se puede aplicar la **Ecuación 1** para determinar la potencia mínima generada teniendo lo siguiente:

$$P_{min,gen} = \frac{\text{Consumo (kWh/día)}}{HSP * PR} \quad (1)$$

$$P_{\min,gen} = \frac{30 \text{ kWh}}{4.04 \text{ h} * 0.65}$$

$$P_{\min,gen} = 11.42 \text{ kW}$$

$$P_{\min,gen} = 11424 \text{ W}$$

Para la configuración eléctrica de los paneles solares, una vez conocida la potencia mínima requerida, debemos consultar las especificaciones técnicas del panel fotovoltaico seleccionado los siguientes parámetros:

- Potencia máxima pico del panel fotovoltaico ( $P_{m\acute{a}x}$ ).
- Tensión de máxima potencia ( $V_{mp}$ ).
- Intensidad de máxima potencia ( $I_{mp}$ ).

Seguidamente se tienen las **Ecuaciones** 5 y 6, las mismas que se las emplea para determinar la cantidad de paneles solares y la conexión de los mismos sean estos en serie o paralelo.

$$N_s = \frac{V_{nom, sis}}{V_{mp}} \quad (5)$$

$$N_p = \frac{P_{\min,gen}}{N_s \cdot P_{mp}} \quad (6)$$

Donde:

$N_s$ : Número de paneles conectados en serie.

$N_p$ : Número de paneles conectados en paralelo.

$V_{nom, sis}$ : Tensión nominal del sistema.

$V_{mp}$ : Tensión del punto de máxima potencia del panel fotovoltaico.

$P_{mp}$ : Potencia pico en Standard Test Conditions (STC).

Tanto para el  $N_s$  como para el  $N_p$ , se elegirá el entero superior, asegurando así el suministro eléctrico en la situación más desfavorable del año.

Reemplazando valores en las **Ecuaciones** 5 y 6 tenemos:

$$N_s = \frac{48 \text{ V}}{45.59 \text{ V}} \quad (5)$$

$$N_s = 1.05$$

$$N_p = \frac{11\,424\text{ W}}{(1.05)(610\text{ W})} \quad (6)$$

$$N_p = 17.83 \approx 18 \text{ paneles}$$

Una vez conocida la configuración eléctrica de los paneles solares, a través de la **Ecuación 7**, se conocerá la potencia pico de la instalación FV.

$$P_{gen} = N_s * N_p * P_{mp} \quad (7)$$

Donde:

$P_{gen}$ : Potencia del generador fotovoltaico

Reemplazando valores tenemos:

$$P_{gen} = 1.05 * 18 * 610\text{ W}$$

$$P_{gen} = 11\,529\text{ W}$$

$$P_{gen} = 11.53\text{ kW}$$

Al realizar el análisis de la potencia generada por los 18 paneles, se tiene un valor de 11.53 kW, misma que al pasar por el regulador de carga cuya eficiencia es del 96 % y del inversor de carga 91 % se tiene una energía a la salida de este último de 10.07 kW. Dado esto y para garantizar la potencia a la entrada de la estación de carga se decide aumentar 3 paneles por cada string, es decir, se tendrán los mismos 3 conectados en paralelo, pero se aumentará 1 a los que están en serie. Por ende, se tendrá 21 paneles y 13.45 kW en generación por cada arreglo.

#### 5.5.3.4 Cálculo del sistema acumulador de energía

Para el sistema de baterías (C\_acum) se debe considerar el consumo o la carga del vehículo, el número de días de autonomía de la instalación (N), el voltaje nominal del sistema y la profundidad de la descarga del sistema de acumulación (PD).

Luego de mencionar en el apartado 5.5.3.1, que serían sistemas pequeños alimentando una barra de conexiones, consideraremos el valor máximo que puede tener un inversor de corriente para sistemas aislados, es decir 10 kVA.

Aplicando la **Ecuación 8** se tiene:

$$C_{acum} = \frac{\text{Consumo} \left( \frac{kWh}{\text{día}} \right) * N}{V_{n\_sis} * PD} \quad (8)$$

Donde:

$C_{acum}$ : Capacidad del acumulador de energía.

$N$ : Número de días de autonomía de la instalación.

$V_{n\_sis}$ : Voltaje nominal del sistema.

$PD$ : Profundidad de la descarga.

Reemplazando los valores se tiene:

$$C_{acum} = \frac{10\,000\,Wh * 2}{48\,V * 0.7}$$

$$C_{acum} = 595.23\,Ah$$

Para establecer la configuración eléctrica del sistema acumulador, se necesita obtener los siguientes datos de las especificaciones técnicas de la batería seleccionada.

- Capacidad de cada batería (Ah).
- Número de vasos (voltios de la batería) que conforman cada batería.

$$N_s = \frac{V_{nom, sis}}{V_{vaso}} \quad (9)$$

$$N_p = \frac{C_{acum}}{C_{bat}} \quad (10)$$

Donde:

$N_s$ : Número de vasos a conectar eléctricamente en serie.

$N_p$ : Número de baterías a conectar eléctricamente en paralelo.

**Alternativa 1:**

Para este dimensionamiento se considera una batería tipo de Lithium marca Victron Energy 300 Ah/12 V.

Remplazando valores en las **Ecuaciones** 9 y 10 se obtiene:

$$N_s = \frac{48 V}{12 V} \quad (9)$$

$$N_s = 3.75 \approx 4$$

$$N_p = \frac{595.23 Ah}{300 Ah} \quad (10)$$

$$N_p = 1.98 \approx 2$$

Para el total de baterías requeridas, basta con multiplicar los resultados de las **Ecuaciones** 9 y 10, teniendo lo siguiente:

$$T_{baterias} = N_s * N_p \quad (11)$$

$$T_{baterias} = 4 * 2$$

$$T_{baterias} = 8$$

**Alternativa 2:**

Para este dimensionamiento se considera una batería OPzS Solar 520 Ah marca Fórmula Star.

Remplazando valores en las **Ecuaciones** 9 y 10 se obtiene:

$$N_s = \frac{48 V}{2 V} \quad (9)$$

$$N_s = 24$$

$$N_p = \frac{595.23 Ah}{520 Ah} \quad (10)$$

$$N_p = 1.14 \approx 2$$

Total, baterías requeridas:

$$T_{baterias} = N_s * N_p \quad (11)$$

$$T_{baterías} = 24 * 2$$

$$\mathbf{T_{baterías} = 48}$$

### **Alternativa 3**

Para este dimensionamiento se considera una batería OPzS Solar 1565 Ah marca Fórmula Star.

Remplazando valores en las **Ecuaciones** 9 y 10 se obtiene:

$$Ns = \frac{48 V}{2 V} \quad (9)$$

$$\mathbf{Ns = 24}$$

$$Np = \frac{595.23 Ah}{520 Ah} \quad (10)$$

$$\mathbf{Np = 0.38 \approx 1}$$

Total, baterías requeridas:

$$T_{baterías} = Ns * Np \quad (11)$$

$$T_{baterías} = 24 * 1$$

$$\mathbf{T_{baterías} = 24}$$

#### **5.5.3.5 Cálculo del regulador fotovoltaico**

Se puede utilizar un regulador MPPT o un PWM que puedan manejar la corriente proveniente de los módulos solares. Esta, al consultar la ficha técnica indica un valor en corriente de corto circuito (Isc) de 14.11 A y dependiendo del string que se vaya a configurar, se podrá elegir el regulador.

#### **5.5.3.6 Cálculo del inversor fotovoltaico**

El inversor se lo seleccionó previamente, considerando la tensión nominal del sistema, la potencia máxima, rendimiento y que sea compatible con la estación de carga.

### 5.5.3.7 Estación de carga

La estación de carga debe ser compatible con el voltaje de salida del inversor, caso contrario no podrá ser instalada. Se debe tomar en cuenta también la frecuencia a la que trabaja, factor de potencia y la eficiencia.

### 5.5.3.8 Cableado

La selección del cable a utilizar en cada tramo de la instalación FV, se la realizó de acuerdo a la corriente que fluye por cada uno de estos, al determinarla, se utiliza cable tipo XHHW-2 propio para instalaciones FV, en toda la parte que fluya corriente continua y que de una u otra forma los tramos estén expuestos a la intemperie. Mientras que la parte que trabaje en corriente alterna, se utilizará cable THHN.

#### ***Panel – Barras de conexiones***

En esta parte inicial de la instalación FV, se debe tomar en cuenta la corriente del módulo solar, por lo que, al acudir a la ficha técnica en la **Figura 35** se tiene un valor de corriente en cortocircuito ( $I_{sc}$ ) de 14.11 A (más alta). Dado esto se elige un cable de sección 4 mm<sup>2</sup> o 10 XHHW-2 que soporta hasta 40 A.

#### ***Barras de conexiones – Regulador***

Considerando la misma corriente proveniente de los arreglos fotovoltaicos 14.11 A, pero teniendo en cuenta que son tres string en paralelo, por lo tanto, la corriente aumenta y se tiene 42.33 A, y aplicando un factor de seguridad del 25 %, el cable es uno de 8.37 mm<sup>2</sup> u 8 XHHW-2 que soporta hasta 55 A.

#### ***Regulador – Baterías***

La corriente que llega al regular es la misma que la que sale. Por lo que al tener los 42.33 A y aplicando un factor de seguridad del 25 %, la intensidad es de 52.91 A y por lo tanto se mantiene el mismo cable que el punto anterior, es decir, 8.37 mm<sup>2</sup> u 8 XHHW-2 que soporta hasta 55 A.

#### ***Baterías – Inversor***

La intensidad a la salida del banco de baterías se la debe considerar de acuerdo a la potencia con la que trabaja el inversor de corriente y la tensión nominal del sistema, es decir los 10 kVA y 48 V respectivamente. Por lo que, la intensidad es de 208.33 A y se tiene un cable 67.45 mm<sup>2</sup> o 2/0 AWG THHN.

#### ***Inversor – Barra de conexión general***

La potencia del inversor, al igual que en el anterior punto, es predominante en la designación de conductor. Los 10 kVA que convertirá este dispositivo y teniendo en cuenta

que la configuración eléctrica de la estación de carga es trifásica, se tiene un conductor 8 AWG THHN en conexión trifásica.

#### ***Barra de conexión general – Estación de carga***

Se colocará cable 1/0 TTU AWG/0.6 kV

#### **5.5.3.9 Protecciones**

Las protecciones para instalación FV, se la realizará tomando en cuenta las diferentes corrientes que circulan por los conductores eléctricos, y de acuerdo a esto se elegirá la protección adecuada. Teniendo lo siguiente:

- Se colocará un fusible de 16 A a la salida de cada uno de los arreglos FV, debido a los 14.11 A de corriente saliente de los mismos.
- Se colocará un breaker termomagnético en DC, a la salida de las barras de conexiones de los positivos y negativos, provenientes de los arreglos FV. Su valor será de 63 A. Todo esto por las corrientes en paralelo de los dos String, que da un valor de 42.33 A, se asumirá un factor de seguridad del 25 % y se elegirá el inmediato superior.
- Se colocará un dispositivo de protección contra sobretensiones (DPS), luego del breaker termomagnético y antes del regulador de carga. Su valor será de 1 kV.
- A la salida del regulador de carga se instalará un breaker termomagnético en DC de 63 A, porque la intensidad de 42.33 A se mantiene antes y después del regulador.
- También se colocará un fusible NH de 63 A luego del breaker descrito en el punto anterior.
- Un fusible NH3 será colado a la salida de los arreglos de las baterías, su valor es de 315 A debido a que la potencia máxima del inversor en cierto momento será de 309.38 A, según especificaciones técnicas.
- Un breaker de caja moldeada de 315 A en DC, luego del fusible NH1 también será parte de la protección, en el tramo baterías – inversor, por lo expuesto en el punto anterior.
- El tipo de conexión luego del inversor es trifásica, debido a que la estación de carga posee esta configuración. Por lo que, el breaker termomagnético de protección será de 40 A en trifásico.

- Finalmente, luego de la barra de conexiones general, se instala un breaker trifásico de 160 A/ 400 V, acompañado de un DPS en AC de 230 V.

## 6. Resultados

### 6.1 Primer objetivo

Este apartado analiza el estado del arte de los sistemas aislados de recarga de vehículos eléctricos VE para comprender las tecnologías actuales y las tendencias en la infraestructura de recarga. La metodología incluye una revisión detenida de literatura académica, informes técnicos y estudios de caso.

Se identifican cuatro tipos principales de recarga: lenta (Modo 1), lenta (Modo 2), semi – rápida (Modo 3) y rápida (Modo 4). Los dos primeros modos utilizan conexiones monofásicas y sus potencias van desde 3.7 kW hasta 7.4 kW. Los modos 3 y 4 son de carga rápida en conexión trifásica y corriente continua, las potencias van hasta los 40 kW y desde los 50 – 400 kW respectivamente. Es importante considerar aspectos técnicos como la tensión nominal en la que va a funcionar el sistema fotovoltaico destinado a la recarga de baterías de vehículos eléctricos, ya que los elementos que la conforman pueden funcionar a diferentes tensiones, y una mala selección de estos puede averiar el sistema (Theran, 2024).

Los factores clave incluyen el tiempo de recarga, el costo de infraestructura, la interoperabilidad y el impacto ambiental. Los desafíos principales son la alta inversión inicial, la necesidad de estándares uniformes y las limitaciones en la capacidad de los sistemas FV o la red eléctrica. Sin embargo, existen oportunidades en la innovación de tecnologías de almacenamiento de energía, la implementación de soluciones de recarga inteligente y el desarrollo de políticas de incentivos (Alarcon & Sánchez, 2021).

Concluyendo, aunque los sistemas de recarga enfrentan desafíos significativos, las oportunidades para mejorar la infraestructura y tecnología son numerosas. La investigación y el desarrollo continuos, junto con la colaboración entre sectores públicos y privados, son muy importantes para acelerar la transición hacia una movilidad sostenible.

Para todo lo descrito a continuación se presenta la siguiente información recopilada:

#### 6.1.1 Tipos de sistemas fotovoltaicos

##### 6.1.1.1 Sistemas fotovoltaicos conectados a la red (On Grid).

Como su nombre lo indica, estos sistemas están conectados a la red y generan energía eléctrica a partir de módulos solares que aprovechan la radiación solar. Esta energía puede ser consumida directamente o inyectada a la red, contribuyendo así a la sostenibilidad y reduciendo la dependencia de fuentes de energía no renovables. Además, los sistemas conectados a la red permiten una gestión eficiente de la energía, optimizando su uso y favoreciendo un balance energético positivo para los usuarios en horas de alta demanda (Abella, 2017).

#### **6.1.1.2 Sistemas fotovoltaicos aislados (Off Grid).**

Son aquellos sistemas que no están conectados a la red y generan su propia energía para consumo. Estos sistemas son independientes del sistema interconectado nacional, lo que les permite funcionar de manera autónoma en lugares remotos o en situaciones donde no es viable conectarse a la red eléctrica principal. Además, los sistemas independientes son ideales para garantizar el suministro de energía en casos de emergencia, contribuyendo a disminuir la demanda y proporcionando una solución sostenible y confiable para la provisión de energía (Abella, 2017).

### **6.1.2 Elementos que conforman un sistema fotovoltaico de carga de vehículos eléctricos**

Estos sistemas se caracterizan por su robustez, tanto en el campo de captación solar, sistema de acumulación, así como en la capacidad de sus elementos y las conexiones entre ellos.

#### **6.1.2.1 Panel solar**

Es el encargado de captar la energía solar y convertirla en energía eléctrica. Esta energía se crea por la incidencia de la radiación sobre las celdas solares. Existen los paneles monocristalinos y policristalinos, compuestos principalmente de silicio, con un rendimiento entre el 14 – 18 % y 12 – 14 % respectivamente (González, 2024).

#### **6.1.2.2 Regulador de carga**

Este elemento regula la energía proveniente de los paneles solares. Existen dos tipos de reguladores, que son los MPPT (Seguidor del punto máximo de potencia) y PWM (Modulación por ancho de pulsos). Hoy en día algunas marcas ya incorporan este elemento dentro del inversor (González, 2024).

#### **6.1.2.3 Inversor**

Encargado de convertir la corriente DC en AC, para enviarla a la estación de carga. Existen inversores Off Grid, On Grid e híbridos. Ciertos tipos de inversores poseen la capacidad de tomar energía de la red y cargar las baterías del sistema acumulador (Work, 2017).

#### **6.1.2.4 Estación de carga**

Dispositivo encargado de suministrar energía al vehículo eléctrico. Existen de diferentes potencias y tensiones. Estas se clasifican de acuerdo a la potencia que suministren y el tipo de conector que posean.

#### **6.1.2.5 Medidor bidireccional**

Este elemento se utiliza en caso de tener sistemas conectados a la red para medir la energía consumida o entregada, de y a la red.

### **6.1.3 Estaciones de carga**

#### **6.1.3.1 Primeros prototipos**

En California - Estados Unidos, en la década de los 90 se desarrollaron las primeras estaciones de carga debido a que los vehículos lanzados EV1 por parte de General Motors, requerían de respaldo. Los tiempos de recarga eran prolongados, debido a que las potencias de carga no iban mas allá de los 1.4 kW y sus baterías tenían entre 20 y 30 kWh. Hacia los años 2000 la compañía Tesla, introdujo al mercado un vehículo el cual requirió de una infraestructura de carga mas robusta, ya que, la batería del mismo tenía una potencia de 53 kWh. Por lo tanto, las estaciones de carga ascendían a potencias de 7 kW aproximadamente y su tiempo de recarga era inferior (7.5 h aproximadamente) (AMPURE, 2023).

#### **6.1.3.2 Desarrollo y tecnología**

Durante la década de los 2010 se implementaron nuevas tecnologías como los conectores CHAdeMO y CCS, lo cual permiten trabajar con potencias reduciendo los tiempos de recarga. Estas potencias van desde los 50 kW hasta 350 kW y alcanzan los 30 minutos aproximadamente en completar el 80% de la capacidad de la batería. Además, se introdujeron sistemas avanzados de control térmico y protocolos de comunicación inteligente que optimizan la eficiencia y la seguridad del proceso de carga, de modo que se facilite la adquisición de vehículos eléctricos y mejorando la infraestructura de recarga (LugEnergy, 2022).

#### **6.1.3.3 Actualidad**

En la actualidad, la movilización a través de vehículos eléctricos VE se ha vuelto una opción factible y la adquisición de estos vehículos está aumentando de forma masiva, especialmente en Europa, Asia y Norteamérica. Estas regiones disponen de la infraestructura energética necesaria y gestionan esta energía de manera eficiente. Esto se debe a que buscan promover el uso de los VE y han implementado normativas específicas orientadas al desarrollo de la infraestructura eléctrica y la movilidad sostenible. Además, los gobiernos están invirtiendo en la expansión de redes de carga y en incentivos económicos para los compradores de VE, lo que facilita aún más la transición hacia una movilidad más ecológica y eficiente (European Environment Agency , 2023).

En Latinoamérica, este tipo de proyectos aún están en vías de desarrollo, por lo que la gestión de la energía es poco favorable. En Ecuador son pocas las estaciones de carga que ofrecen una potencia alta, y la mayoría son de carga lenta, una potencia poco deseada si se tiene una batería de gran capacidad. Así mismo, puntos de recarga a base de energía fotovoltaica para VE no existen.

El alto de costo inicial, hace de estos proyectos poco accesibles por lo que se necesitaría la gestión de las entidades gubernamentales a fines y del sector privado. En el Anexo xxx se puede ver una cotización de lo que requiere este tipo de proyectos.

**Tabla 15.** Tipos de estaciones de carga.

	<b>Carga lenta (AC)</b>	<b>Carga lenta (AC)</b>	<b>Carga rápida (DC)</b>	<b>Carga ultrarrápida (AC/DC)</b>
<b>Potencia</b>	3.7 kW – 7.4 kW	10 kW – 24 kW	30 kW - 150 kW	150 kW - 350 kW
<b>Tiempo de carga</b>	4 h - 12 h	6 h – 8 h	3 h	30 min – 1 h
<b>Ubicación</b>	Hogares	Espacios comerciales	Carreteras, áreas urbanas	Estaciones específicas

**Nota.-** Fuente: (Theran, 2024).

**Tabla 16.** Modos de carga.

	<b>Modo 1</b>	<b>Modo 2</b>	<b>Modo 3</b>	<b>Modo 4</b>
<b>Tipo de comunicación</b>	Nula	Poca	Alto	Muy alto
<b>Tipo de conector</b>	Schuko	Schuko Tipo 1	Chademo, Menenkes	Chademo, CCS
<b>Tipo de recarga</b>	Lenta	Lenta	Semi Rápida	Rápida
<b>Tipo de tensión</b>	250 V - 1F	250 V - 1F	480 V - 3F	480 V - 3F
<b>Intensidad</b>	10 – 16 A	Máx 32 A	Máx 64 A	125 A

**Nota.-** Fuente: (Theran, 2024).

## 6.2 Segundo Objetivo

### 6.2.1 Emplazamiento de la fotolinera

El emplazamiento de un punto de recarga para vehículos eléctricos en el cantón Saraguro **es factible**, debido a ciertos factores que hacen de este lugar, idóneo para este tipo de proyectos energéticos amigables con el medio ambiente, (Méndez Jaramillo, 2023).

### 6.2.2 Lugar de emplazamiento

Para los lugares mencionados en el apartado 5.5.2.5, estos deben cumplir con ciertos requisitos como los factores ambiental, social, económico y geográfico, para la instalación de una fotolinera. Pero existe un detalle muy importante a considerar para que estos sitios sean los ideales, y es que, en dos de ellos hay interferencias (árboles, montañas, desastres naturales, problemas legales etc.) lo cual hace que no sean considerados como idóneos para aprovechar el recurso solar, fundamental en este tipo de estudios. Por ende, se descartan dos “La Quesera” y “Parque Saludable”, mientras que el sitio “Estadio Municipal”, es el apropiado luego de que cumpliera con la mayoría de factores y se sometiera a un cuadro de ponderación y lo corrobore el estudio de sombras realizado en un programa de simulación. En la **Figura 32** se puede apreciar el lugar de emplazamiento y en la **Tabla 17**, se presentan los siguientes resultados de los tres lugares:

**Tabla 17.** Cuadro de ponderación de los lugares de emplazamiento.

	<b>La Quesera (%)</b>	<b>Estadio Municipal (%)</b>	<b>Parque saludable (%)</b>
<b>Factor ambiental</b>	15	15	15
<b>Factor social</b>	15	30	20
<b>Factor económico</b>	0	0	0
<b>Factor geográfico</b>	30	40	20
<b>TOTAL (%)</b>	<b>60</b>	<b>85</b>	<b>55</b>

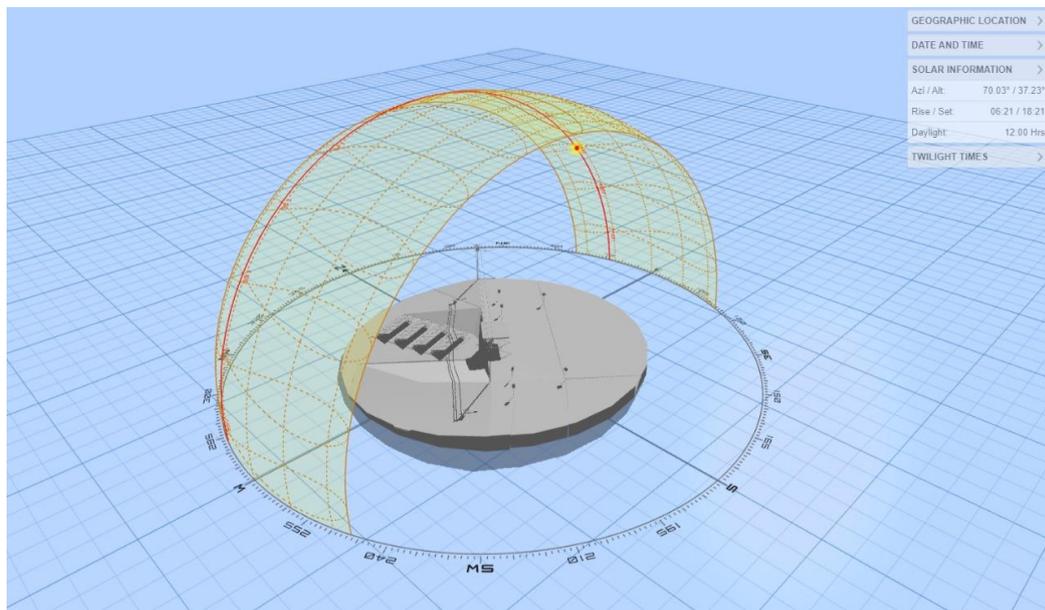
Por lo tanto, el lugar que obtuvo el mayor puntaje es el “**Estadio Municipal**” y será el escogido como lugar de emplazamiento.

### 6.2.3 Estudio de sombras del lugar de emplazamiento

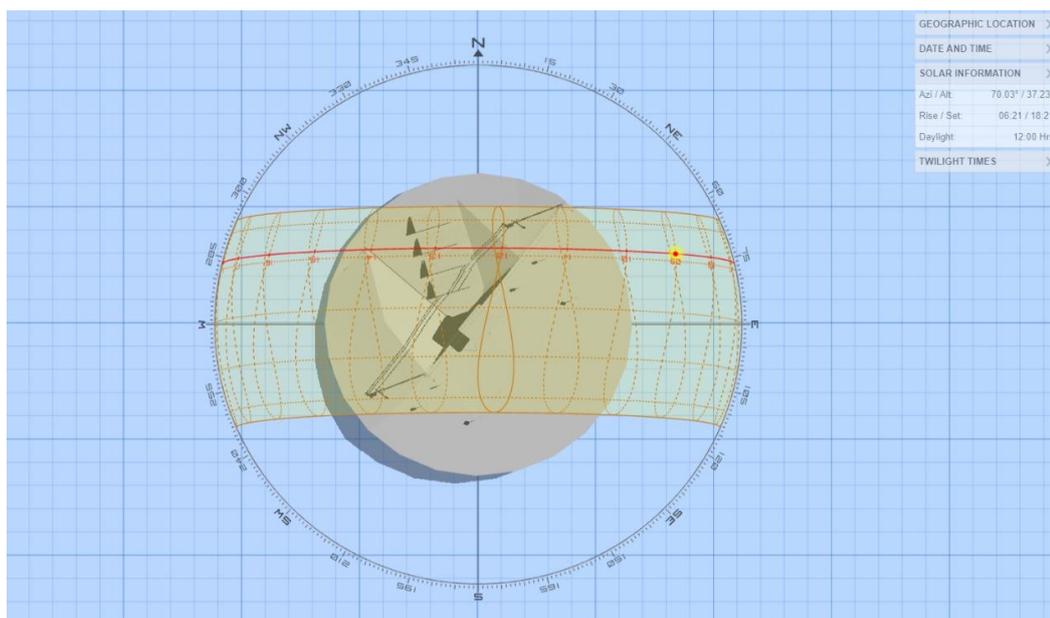
Como se mencionó en el apartado 6.2.2 el lugar propicio para el emplazamiento de un punto de recarga para el vehículo eléctrico Kia Soul es el “**Estadio Municipal**”, ya que cuenta con los factores favorables, y lo mas importante, no presenta obstaculización alguna que pueda impedir la captación del recurso solar por medio de los módulos fotovoltaicos y que, al utilizar

herramientas de simulación, modelado de trayectorias solares y sombras proyectadas, se pudo comprobar este suceso.

En el estudio sombras realizado en el programa en línea “SUN PATH”, que luego de validado el lugar y teniendo las coordenadas del mismo, se pudo ejecutar el mismo al importar del programa “SKECHUP” el diseño básico de la fotolinera, en donde se muestra la ubicación de los módulos solares, mismos que cuya sombra no interfiere con la captación del recurso renovable. Esto se puede observar en la **Figura 37** y **Figura 38**.



**Figura 37.** Estudio solar, vista 1.



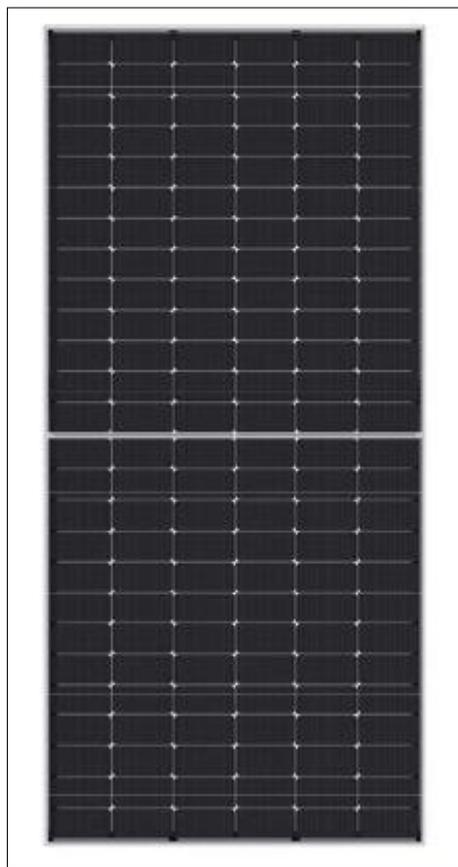
**Figura 38.** Estudio solar, vista 2.

### 6.3 Tercer objetivo

De acuerdo con lo expuesto en la parte metodológica, se considerarán **cuatro** sistemas FV aislados, cada uno de ellos alimentará una barra de conexiones general y tendrá los siguientes componentes:

#### 6.3.1 Panel solar:

- Nombre: Tiger Neo N-type 78HL4-(V)
- Número de paneles solares: 21
- Potencia pico de cada panel solar: 610 Wp
- Configuración: 156 células
- Medida: 2461x1134x35 mm
- Marca: JINKO SOLAR

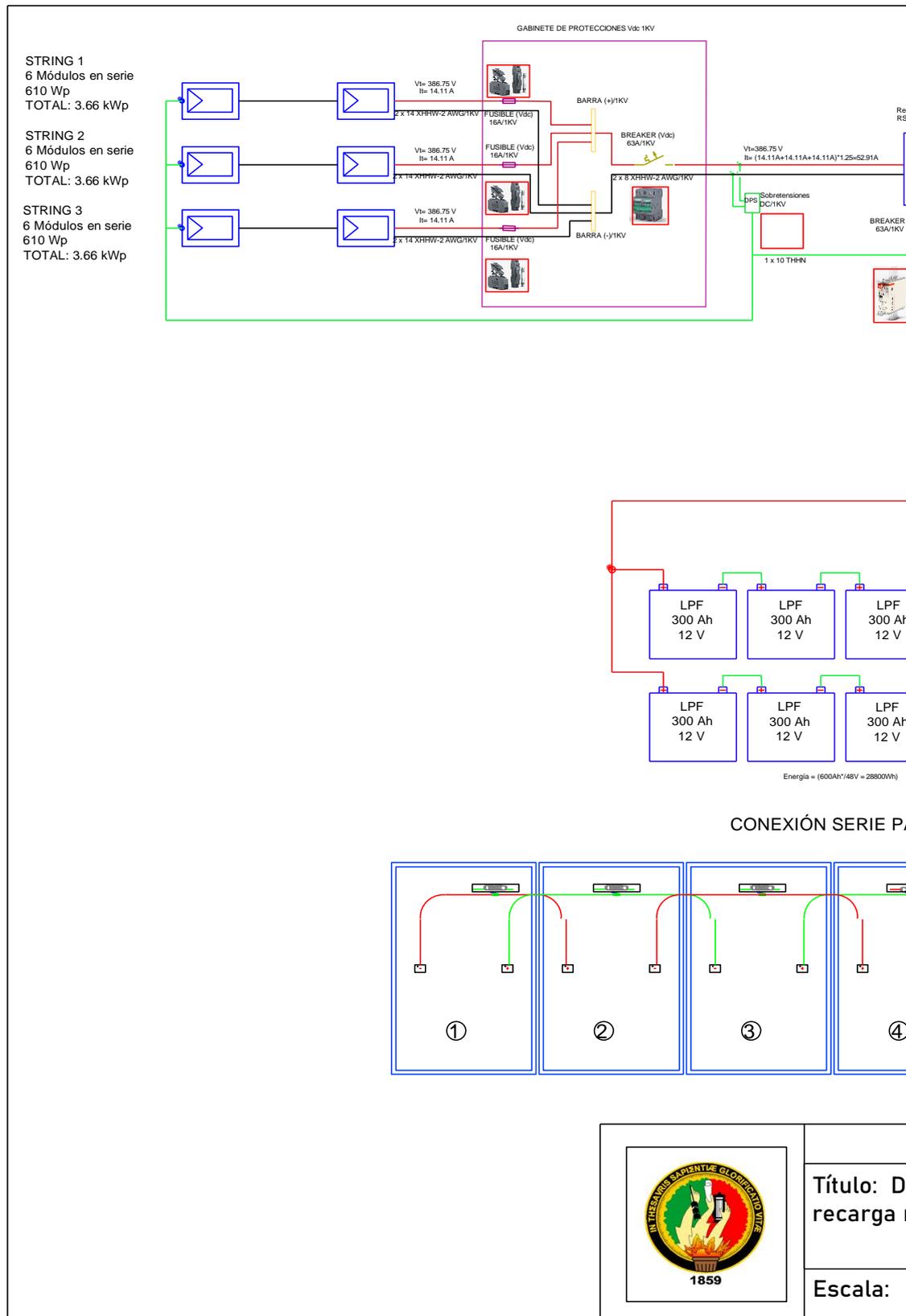


**Figura 39.** Panel solar Jinko.

**Fuente.** (JINKO SOLAR HOLDING CO., LTD., 2022).

Los Sting de paneles solares tendrán la siguiente configuración:

- Tres string en paralelo, de siete módulos solares conectados en serie. Para mayor comprensión de lo expuesto, ver diagrama unifilar



- Anexo .

- Se utilizó la conexión salto de rana.

### 6.3.2 Batería:

Se analizaron tres tipos de baterías estacionarias para el sistema acumulador de energía. Los aspectos que se consideraron fueron la capacidad de almacenamiento, los ciclos de vida de la batería y el precio. Por lo que, se tiene el siguiente cuadro comparativo:

**Tabla 18.** Comparación de soluciones para el sistema acumulador de energía.

Descripción	Cantidad	Valor \$	Total \$
Batería Solar OPzS 520 Ah 2 V FÓRMULA STAR (2000 ciclos, 60%)	240	327,24	78 537,6
Batería Solar OPzS 1565 Ah 2 V FÓRMULA STAR (2000 ciclos, 60%)	120	749,08	89 889,6
<b>Batería Litio LiFePO4 300 Ah 12 V VICTRON ENERGY (3000 ciclos 70%)</b>	<b>40</b>	<b>1 754,32</b>	<b>70 172,8</b>

Por lo tanto, se elige la Batería Litio LiFePO4 300 Ah 12 V VICTRON ENERGY, analizando su durabilidad, profundidad de la descarga y costo. Y el sistema de acumulación de energía (alternativa 1) tendrá las características siguientes:

- Batería solar para sistemas aislados.
- Capacidad de la batería: 300 Ah
- Voltaje: 12 V
- Número de baterías: 8
- Tipo: LiFePO4



**Figura 40.** Batería 12 V y 300 Ah.

**Fuente.** (RenovaEnergía, 2022).

La configuración de las baterías será de 4 conectadas en serie y 2 en paralelo con esto se garantizará que el sistema funcione a 48 V, como se implementó inicialmente.

### **6.3.3 Regulador de carga tipo MPPT.**

El regulador de carga se lo seleccionó de acuerdo con los criterios expuestos en el apartado 5.5.3.5 que, considerándolos, tenemos el siguiente resultado:

Regulador MPPT RS SmartSolar 450 Vdc/100 A. Ver **Figura 41**.



**Figura 41.** Regulador de carga.

**Fuente.** (VictronEnergy, 2022).

#### **6.3.4 Selección del inversor de carga**

El inversor de carga se lo seleccionó de acuerdo con los criterios expuestos en el apartado 5.5.3.6 que, considerándolos, tenemos el siguiente resultado:

Inversor Infini Solar Hibrid 10 kW – 3 phase. Ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**



**Figura 42.** Inversor Híbrido de 10 kW.

**Fuente.** (AutoSolar, 2022).

#### **6.3.5 Estación de carga**

Al ser un tipo de vehículo que contiene una batería de alta capacidad de carga, se opta por una estación de carga rápida de 40 kW. Ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Posee las siguientes características:

- Nombre: Cargador Rápido CC Wallbox.
- Tipo de conexión: Trifásica.
- Tipo de conector: CCS, CHAdeMO.
- Dimensiones: 690x1686x584 mm. (ancho, alto y fondo).



**Figura 43.** Estación de carga rápida.

**Fuente.** (Grasen , 2022).

### **6.3.6** *Cableado*

#### **6.3.6.1 Paneles – Barra de conexiones**

Se utiliza un cable de sección  $4 \text{ mm}^2$  o 10 XHHW-2 que soporta hasta 25 A.

#### **6.3.6.2 Barra de conexiones – Regulador**

Se utiliza un cable de sección  $8.37 \text{ mm}^2$  u 8 XHHW-2 que soporta hasta 55 A.

#### **6.3.6.3 Regulador – Baterías**

Se utiliza un cable de sección  $8.37 \text{ mm}^2$  u 8 XHHW-2 que soporta hasta 55 A.

#### **6.3.6.4 Baterías – Inversor**

Se utiliza un cable de sección  $67.45 \text{ mm}^2$  o 2/0 THHN AWG, que soporta hasta 195 A.

#### **6.3.6.5 Inversor – Estación de carga**

Se utiliza un cable de sección  $8.37 \text{ mm}^2$  o 8 THHN AWG, que soporta hasta 55 A.

### **6.3.7** *Protecciones*

#### **Paneles – Barras de conexiones**

Se utiliza un porta fusible de 16 – 32 A. También un fusible de 16 A en DC. En la

**Figura 44** y **Figura 45** se muestran estos elementos.



**Figura 44.** Porta fusible.

**Fuente.** (WATT-U-NEED, 2023).



**Figura 45.** Fusible 16 A.

**Fuente.** (AutoSolar, 2021).

#### 6.3.7.1 Barra de conexiones – Regulador

Se utiliza un breaker termomagnético de 63 A. En la **Figura 46**, se muestra el elemento.



**Figura 46.** Breaker de protección 63 A.

**Fuente.** (Wia, 2023).

### 6.3.7.2 Regulador – Baterías

Se utiliza el mismo interruptor termomagnético de 63 A, igual que el punto anterior.

También se utiliza un fusible NH de 63 A. Ver **Figura 47**.



**Figura 47.** Fusible NH 100 A.

**Fuente.** (Electro-Urquiza, 2023).

### 6.3.7.3 Baterías – Inversor

Se utiliza un breaker termomagnético de 315 A.

También se utiliza un fusible NH3. Ver **Figura 48**.



**Figura 48.** Fusible NH1 210 A.

**Fuente.** (Electro-Urquiza, 2023).

### 6.3.7.4 Inversor – Barra de conexión general

Se utiliza un breaker termomagnético trifásico de 40 A en AC. Ver **Figura 49**.



**Figura 49.** Breaker 3P 40 A.

**Fuente.** (Wia, 2023).

### 6.3.7.5 Barra de conexión general – Estación de carga

Se utiliza un breaker de 3P 125 A. Ver **Figura 50**.

Se utiliza de manera opcional un DPS de 230 V en AC. Ver **Figura 51**.



**Figura 50.** Breaker 3P 160 A/400 V.

**Fuente.** (Wia, 2023).



**Figura 51.** DPS.

**Fuente.** (Wia, 2023).

## 7. Discusión

En base a los resultados, se puede evidenciar la magnitud del sistema FV en base a energía que se le debe suministrar al vehículo. Lo cual generó que se busquen soluciones prácticas, de tal forma que se pueda cumplir con el objetivo planteado. Inicialmente se propuso un sistema FV general que abasteciera la carga de la batería, pero durante el desarrollo se encontraron problemas con la selección del inversor de carga, ya que no existe tal elemento que trabaje a ese nivel de potencia y voltaje en nuestro medio, por lo que se decidió buscar el dispositivo con mayor capacidad existente para sistemas FV aislados, y en base a este elemento poder determinar la cantidad de potencia generada por los paneles. Además, se debe considerar que el inversor que sea compatible con la estación de carga, es decir el voltaje de salida de este debe ser el mismo voltaje de entrada de la estación de carga.

Como se mencionó, es importante mencionar la potencia generada por el sistema FV en base a la capacidad de la batería del vehículo, lo cual hace referencia a que sean cantidades directamente proporcionales. Todo esto conlleva a destacar que el sistema puede completar una carga al 100% en solo tres horas, a diferencia de sistemas similares (Erique, 2016), que utilizan el doble o hasta el triple de tiempo y teniendo que abastecer una carga muy inferior. También vale recalcar que la autonomía del sistema es de dos días, se lo propuso de esta manera para abaratar costos de instalación y brindar la energía necesaria en tiempos en donde no exista generación máxima.

Sin embargo, es importante mencionar que se puede mejorar este sistema, con la implementación de nuevas tecnologías que brinden una mayor eficiencia, teniendo menor contaminación visual, y un tiempo menor en cargar la batería, dado que este aspecto es el predominante para que las personas vean como alternativa de movilidad a los vehículos eléctricos. Por último y no menos importante es considerar el costo que tiene la implementación de estos sistemas FV, ya que este es relativamente alto, pero que tiene beneficios importantes para las personas y ecosistema en general por su generación de energía limpia y la ayuda que prestan estos, a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

## 8. Conclusiones

La revisión y el análisis del estado del arte para la identificación de sistemas de recarga de vehículos eléctricos, se tiene que existe una amplia variedad de opciones disponibles en el mercado. Existen diferentes niveles de carga, como los de carga lenta, semi – rápida y rápida cuyas potencias de suministro al vehículo van desde los 3.7 kW hasta los 400 kW siendo sistemas como de, carga en casa, lugares públicos y estaciones de carga rápida. También se han identificado sistemas FV aislados y conectados a la red, cuyas potencias de carga dependen del campo de generación y capacidad de sus componentes. Sin embargo, también se ha identificado el problema principal que es la autonomía y el costo de los elementos, de tal forma que, se puedan analizar y mejorar la sostenibilidad de los sistemas aislados de carga de vehículos eléctricos. Así mismo, estos requieren de una infraestructura de carga más amplia y accesible, reduciendo los tiempos de carga y la reducción de costos asociados con la implementación de estos sistemas.

Luego de haber realizado un análisis sobre la factibilidad de establecer un punto de recarga para vehículos eléctricos, se determinó que Saraguro reúne las condiciones como la afluencia vehicular que transita por este lugar, así como los recursos solares, factores geográficos, ventajas ambientales, impacto social positivo y viabilidad económica que hacen de Saraguro un punto ideal para la implementación de este tipo de proyectos energéticos amigables con el medio ambiente.

Una vez determinado el diseño que cumple con el abastecimiento de carga para el vehículo eléctrico Kia Soul, que posee una batería de 120 kWh, se tiene que cumple con el abastecimiento requerido, por lo que el diseño del sistema incluye cuatro sistemas FV, generando 13.45 kW a partir de 21 módulos solares y 610 Wp cada uno. El banco de almacenamiento de energía consta de 8 baterías de 300 Ah y 12 V cada una, que garantiza el funcionamiento del sistema a 48 V planteado inicialmente. Estos sistemas utilizan elementos existentes en el mercado nacional para alimentar una estación de carga, esta consume una potencia total de 40 kW y es compatible con el inversor considerado. El tiempo de recarga al 100% de la batería del vehículo es de aproximadamente tres horas, lo cual se considera un lapso ideal considerando la dimensión de la carga.

## 9. Recomendaciones

Es importante tener en cuenta la dimensión de la carga para lo cual se va a diseñar el sistema FV. Esto puede ayudar a determinar el tipo de sistema FV que se va a configurar y asegurarse de que los componentes necesarios sean los adecuados, debido a que ciertos elementos trabajan a distintos voltajes y estos no pueden ser compatibles con los existentes en el medio nacional.

Además, se puede utilizar otra metodología para desarrollar un sistema mejor que reduzca los costos de implementación y que cumpla con los lineamientos requeridos. Esto puede incluir la selección de componentes, la evaluación de las condiciones ambientales y la consideración de factores externos que pueden afectar el rendimiento del sistema. De esta forma se puede mejorar el mismo, teniendo en cuenta consideraciones diferentes a la de la metodología planteada en el presente documento.

También es importante a considerar es la optimización del sistema para maximizar la producción de energía y minimizar la pérdida de la misma. Esto puede lograrse mediante la selección adecuada de la ubicación del sistema FV, la orientación de los paneles solares y la utilización de tecnologías avanzadas de seguimiento solar.

Se puede realizar un estudio de factibilidad en la ciudad de Saraguro, teniendo en cuenta aspectos como la afluencia vehicular en lugares estratégicos y considerando si estos sistemas deban ser conectados, aislados o híbridos.

También se pueden conectar vehículos diferentes al propuesto, debe poseer el mismo conector y su capacidad de aceptación de corriente debe ser la adecuada. Esto debido a que no todos los vehículos eléctricos poseen un estándar de conexión con la estación de carga.

## 10. Bibliografía

- 1A Ingenieros. (2022). *1A Ingenieros*. Obtenido de [Fotografía]: <https://www.1aingenieros.com/aumentar-eficiencia-paneles-solares/>
- Abella, M. A. (2017). *Sistemas Fotovoltaicos*. Obtenido de Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT): Tomado de: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38373658/SISTEMAS\\_FOTOVOLTAICOS-libre.pdf?1438653204=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DSistemas\\_fotovoltaicos\\_Sistemas\\_Fotovoltaic.pdf&Expires=1680226454&Signature=QGob52NDztjBa6uR3p3TSP58Xrs40](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38373658/SISTEMAS_FOTOVOLTAICOS-libre.pdf?1438653204=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DSistemas_fotovoltaicos_Sistemas_Fotovoltaic.pdf&Expires=1680226454&Signature=QGob52NDztjBa6uR3p3TSP58Xrs40)
- Alarcón, W., & Sánchez, J. (2021). Características de baterías para instalaciones de sistemas fotovoltaicos aislados en zonas rurales del departamento de Santander Colombia. (*Tesis de grado*). Unidades Tecnológicas de Santander, Bucaramanga. Obtenido de <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/8311>
- Alarcon, W., & Sánchez, S. (2021). *Características de baterías para instalaciones de sistemas fotovoltaicos aislados en zonas rurales del departamento de Santander Colombia, [UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER, Bucaramanga]*. Obtenido de <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/8311>
- AMPURE. (2023). *Ampure EV Solutions*. Obtenido de <https://blog.evsolutions.com/revolutionizing-the-roads-the-gm-ev1-and-pioneering-charging-technology>
- ÁreaTecnología. (2014). *INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED*. Obtenido de [Fotografía]: Tomado de: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/instalacion-fotovoltaica-conectada-red.html>
- Arriolis, E. (28 de Enero de 2022). *Ecología verde*. Obtenido de [Fotografía]: <https://www.ecologiaverde.com/ventajas-y-desventajas-de-la-energia-eolica-1085.html>
- AutoSolar. (Mayo de 2021). *Componentes de una instalación aislada*. Obtenido de Tomado de: <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/cuales-son-los-componentes-de-una-instalacion-aislada>
- AutoSolar. (2022). *Eneegía Solar, Inversores*.
- Baeza, M. (17 de Noviembre de 2011). *Fotolinera*. Obtenido de Universidad de Alcalá: <https://botanicoalcala.es/fotolinera/>
- Barbero, Á. (2016). *Sistema autónomo para carga de baterías mediante una instalación fotovoltaica con aplicación directa al vehículo eléctrico y otros usos. [Tesis doctoral]*;

- Universidad Politécnica de Madrid*]. Repositorio universitario. Obtenido de <https://oa.upm.es/39368/>
- BatteryDepot. (2018). *Sistemas Autónomos*. Obtenido de [Fotografía]: Tomado de: <https://batterydepot.com.mx/sistemas-autonomos/>
- Cajamarca, C. (2020). *ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN CORREOS DEL ECUADOR PARA LA CIUDAD DE CUENCA*. [UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA; CUENCA]. Repositorio de la Universidad. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18593/4/UPS-CT008723.pdf>
- CAMBIO ENERGÉTICO. (Enero de 2021). *Inversores de onda senoidal pura*. Obtenido de [Fotografía]: Tomado de: <https://www.cambioenergetico.com/84-inversores-onda-senoidal-pura>
- Carbonell, M. (2 de Febrero de 2023). *Tipos de conectores para recarga de coche eléctrico*. Obtenido de HOGARSENSE: <https://www.hogarsense.es/energia-solar/tipos-conectores-recarga-coche-electrico>
- Chuquiguanga, W., & Jiménez, B. (2018). *ANÁLISIS DE VIABILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO QUE PRESTE EL SERVICIO DE TAXI EN LA CIUDAD DE CUENCA*, [UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, CUENCA]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15033>
- Circutor. (2023). Obtenido de <https://circutor.com/productos/recarga-inteligente-para-vehiculos-electricos/estacion-de-recarga-exterior/product/V17430/>
- EcoInventos . (5 de Julio de 2022). *Panel solar fotovoltaico*. Obtenido de [Fotografía]: Tomado de: <https://ecoinventos.com/panel-solar-fotovoltaico-historia/>
- Electro-Urquiza. (2023). Obtenido de <https://electrouarquiza.mitiendaonline.com/fusible-nh/3640-fusible-tipo-nh-tamano-1-in-100a-gg-icc-120ka-500vca-100ka-440vcc.html>
- Erique Cruz, C. A. (2016). *Análisis y diseño de una electrolinera para la recarga de vehículos eléctricos livianos, haciendo uso de energía fotovoltaica - Guayaquil* [Tesis de grado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. Repositorio institucional, Guayaquil. Obtenido de [https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwibub-pi5b\\_AhU912oFHRSeDKwQFnoECAEQAAQ&url=http%3A%2F%2F repositorio.ucsg.edu.ec%2Fhandle%2F3317%2F6639&usg=AOvVaw1yTIPuEnkElkTvqPnmpx5q](https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwibub-pi5b_AhU912oFHRSeDKwQFnoECAEQAAQ&url=http%3A%2F%2F repositorio.ucsg.edu.ec%2Fhandle%2F3317%2F6639&usg=AOvVaw1yTIPuEnkElkTvqPnmpx5q)

- Erique, C. (2016). *Análisis y diseño de una electrolinera para la recarga de vehículos eléctricos livianos, haciendo uso de energía fotovoltaica.* [Tesis de grado, Universidad Católica de Santiago de Guataquil-Guayaquil]. repositorio universitario. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/6639>
- European Environment Agency . (2023). *European Environment Agency* . Obtenido de <https://www.eea.europa.eu/en>
- Factor energía . (30 de 08 de 2018). *Energías renovables*. Obtenido de [Fotografía]: Recuperado de <https://www.factorenergia.com/es/blog/noticias/energias-renovables-caracteristicas-tipos-nuevos-retos/#>
- Fernández Durán, D. (2016). *Diseño de una instalación fotovoltaica para conexión a red y recarga rápida de vehículos eléctricos.* [Universidad Politécnica de Madrid; España]. Repositorio universitario. Obtenido de <https://oa.upm.es/44179/>
- Fernández, E. (2012). **MODELIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CÉLULAS SOLARES III-V MULTIUNIÓN Y DE MÓDULOS DE CONCENTRACIÓN.** (Tesis doctoral). UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA, Santiago de Compostela. Obtenido de [https://apps.citius.usc.es/fd/media/publications/1367/final/tese\\_eduardofernandez\\_20210618112109121.pdf](https://apps.citius.usc.es/fd/media/publications/1367/final/tese_eduardofernandez_20210618112109121.pdf)
- Fernández, E., & Coello, M. (2015). *El Vehículo Eléctrico Análisis de su Infraestructura de Carga y su Integración a una Smart Grid.* Obtenido de Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables: [https://www.researchgate.net/profile/Efren-Fernandez-Palomeque/publication/301890667\\_El\\_Vehiculo\\_Electrico\\_Analisis\\_de\\_su\\_Infraestructura\\_de\\_Carga\\_y\\_su\\_Integracion\\_a\\_una\\_Smart\\_Grid/links/572b5ce008aef5d48d3277d8/El-Vehiculo-Electrico-Analisis-de-su-Infrae](https://www.researchgate.net/profile/Efren-Fernandez-Palomeque/publication/301890667_El_Vehiculo_Electrico_Analisis_de_su_Infraestructura_de_Carga_y_su_Integracion_a_una_Smart_Grid/links/572b5ce008aef5d48d3277d8/El-Vehiculo-Electrico-Analisis-de-su-Infrae)
- González, C. (2024). **ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UNA INSTALACIÓN DE AUTOCONSUMO ELÉCTRICO FOTOVOLTAICO EN EL SECTOR RESIDENCIAL.** [Tesis de grado; Universidad Pontificia Comillas-Madrid]. Repositorio universitario. Obtenido de <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/80345/Tfg%20Gonzalez%20Suarez%2c%20Carlos%20Version%20Preliminar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Grasen . (2022). *EV Charging Solutions* . Obtenido de <https://www.grasencharge.com/product/>

- Guevara Vásquez, S. (2003). *ESTIMACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR*. Obtenido de Obtenido de: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/xxii.pdf>
- Helios Strategia Ecuador. (2022). Obtenido de <https://heliostrategiaecuador.com/litio/>
- Ibáñez, P. (1 de Septiembre de 2012). *Tipos de conectores, tipos de recarga y modos de carga*. Obtenido de Motorpasion: <https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/tipos-de-conectores-tipos-de-recarga-y-modos-de-carga>
- IDAE. (2009). *Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía*. Obtenido de <https://www.idae.es/>
- IDEAM-Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. (2021). *Radiación Solar*. Obtenido de Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar-ultravioleta>
- Ingeoexpert. (22 de Marzo de 2018). *Como funciona una hidroeléctrica*. Obtenido de [Fotografía]: <https://ingeoexpert.com/2018/03/22/como-funciona-una-central-hidroelectrica/>
- JINKO SOLAR HOLDING CO., LTD. (2022). *Paneles Solares*. Obtenido de <https://es.ensolar.com/pv/panel-datasheet/crystalline/55989>
- KIA. (2021). *Especificaciones Técnicas*. Obtenido de <https://www.kia.com/ec/showroom/SouLEV/specification.html>
- LugEnergy. (2022). *LugEnergy*. Obtenido de <https://www.lugenergy.com/modos-de-recarga-vehiculos-electricos/>
- Marrodán, J. (10 de Febrero de 2012). Piranómetro fotovoltaico. (*Tesis de grado*). Universidad Pública de Navarra, Pamplona. Obtenido de [Fotografía]: <https://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/4670/577682.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Méndez Jaramillo, E. A. (2023). *Estaciones de carga para vehículos eléctricos (Electrolineras). Caso de estudio Loja - Cuenca - Loja [Tesis de grado, Universidad nacional de Loja]*. Repositorio institucional, Loja. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/29797>
- Merino, L. (2012). Energías renovables. *Iberdrola*, 1(1), 2-3. Obtenido de [https://www.energias-renovables.com/ficheroenergias/productos/pdf/cuaderno\\_GENERAL.pdf](https://www.energias-renovables.com/ficheroenergias/productos/pdf/cuaderno_GENERAL.pdf)
- MPPTSOLAR. (2019). *Conexión de baterías en serie y paralelo*. Obtenido de [Fotografía]: Tomado de: <https://www.mpptsolar.com/es/baterias-serie-paralelo.html>
- Nandwani, S. S. (Junio de 2005). *Energía solar - Conceptos básicos y su utilización*. Obtenido de Universidad Nacional, Heredia (Costa Rica):

[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57174054/Energia\\_Solar\\_Conceptos\\_Basicos-libre.pdf?1534103210=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DENERGIA\\_SOLAR\\_CONCEPTOS\\_BASICOS\\_Y\\_SU\\_UTI.pdf&Expires=1680140210&Signature=Ci8zybc9m2by7d5ZwpsMwKLB0u8leO](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57174054/Energia_Solar_Conceptos_Basicos-libre.pdf?1534103210=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DENERGIA_SOLAR_CONCEPTOS_BASICOS_Y_SU_UTI.pdf&Expires=1680140210&Signature=Ci8zybc9m2by7d5ZwpsMwKLB0u8leO)

- Novelec . (2022). *Productos eléctricos*. Obtenido de [https://www.gruponovelec.com/es/p/sch\\_evd1s24t0h](https://www.gruponovelec.com/es/p/sch_evd1s24t0h)
- OLADE . (2017). *Manual Estadística Energética 2017*. Obtenido de <https://www.olade.org/publicaciones/manual-estadistica-energetica-2017/>
- POWER SOLAR NASA. (2021). Obtenido de <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- Puig, P., & Jofra, M. (2007). Energía solar fotovoltaica. *Iberdrola*, 1(1), 1-1. Obtenido de [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://www.enginyeria-classea.cat/pdf-formativos/Cuaderno\\_FOTOVOLTAICA.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://www.enginyeria-classea.cat/pdf-formativos/Cuaderno_FOTOVOLTAICA.pdf)
- PVGIS. (2021). Obtenido de [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/es/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/)
- Recarga Coches Eléctricos. (25 de Septiembre de 2013). *Seis aplicaciones para coches eléctricos*. Obtenido de [Fotografía]: <https://www.recargacocheselectricos.com/seis-aplicaciones-para-coches-electricos/>
- RenovaEnergía. (2022). *Renova Energía. Vida Renovable y Sustentable*. Obtenido de <https://www.renova-energia.com/productos/victron-energy-bluesolar-mppt-150-60-tr-scc010060200/>
- Sánchez Pérez, J. (2021). *MODELADO DE SISTEMAS DE GESTIÓN TÉRMICA EN BATERÍAS PARA VEHÍCULOS HÍBRIDOS MEDIANTE EL USO DE NANOFUIDOS [Tesis de grado, Universidad Técnica de Valencia]*. Repositorio Institucional, VALENCIA. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/174149>
- Sánchez, R., & Salazar, J. (2021). *Implementación de una Electrolinera para Vehículos Livianos en la Escuela de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador Extensión Guayaquil. [Tesis de grado, Universidad Internacional del Ecuador]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/4689>
- Santaella, J. (16 de Abril de 2023). *Tasa interna de retorno: ¿Qué es y cómo se calcula de manera correcta?* Obtenido de Economía 3: <https://economia3.com/tasa-interna-retorno/>
- Santamarta, J. (2004). *Las energías renovables son el futuro*. Obtenido de Worl Watch: <https://www.nodo50.org/worldwatch/ww/pdf/Renovables.pdf>

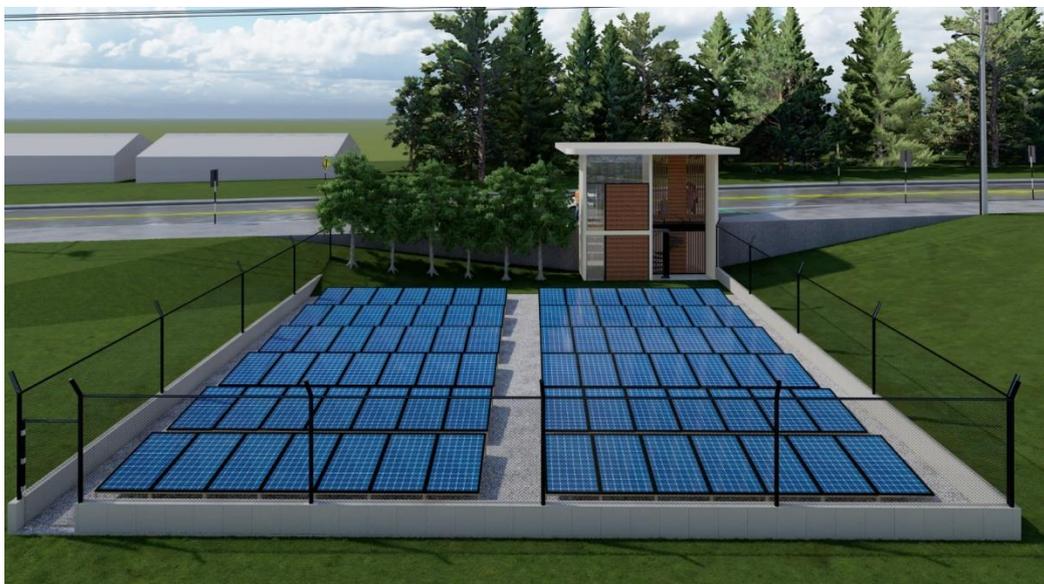
- Theran, S. (2024). *Estrategias para gestionar el crecimiento de la infraestructura de recarga para vehículos eléctricos en Colombia.*[Tesis de grado - Maestría; Universidad de la Costa]. Repositorio universitario. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11323/10685>
- Trashorras, J. (2019). *Vehículos eléctricos*. Madrid: Paraninfo.
- Twenergy. (22 de Agosto de 2019). *Energía hidráulica* . Obtenido de Twenergy: <https://twenergy.com/energia/energia-hidraulica/que-es-la-energia-hidraulica-426/>
- UNAM. (1 de Junio de 2020). *Ciencia UNAM*. Obtenido de [Fotografía]: <https://ciencia.unam.mx/leer/1004/actividad-solar-a-la-baja-nos-afectara>
- Velayos, V. (1 de Marzo de 2020). *Valor Actual neto (VAN)*. Obtenido de Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>
- VictronEnergy. (2022). Obtenido de <https://www.victronenergy.com/>
- Villareal, J., & Cuji, C. (2023). Diseño y Evaluación de un Sistema Fotovoltaico Aislado para Iluminación en Vías Rurales y Carga de Vehículos Eléctricos Basado en un Enfoque Multipropósito. Obtenido de <file:///C:/Users/Asus/Downloads/pvasquez,+05TT-614.pdf>
- WATT-U-NEED. (2023). Obtenido de <https://www.wattuneeed.com/es/bater%C3%ADas-solares/281-portafusibles-dc-con-cartucho-de-16a-a-32a-0712971125896.html>
- Wia. (2023). *Componentes de protección*. Obtenido de [https://ec.wiautomation.com/schneider-electric/variadores-motores-proteccion-de-circuitos/A9N17577?gclid=EAIaIQobChMIxKrN2tnNgAMVh6ZaBR3RiQdIEAQYASABEgL-A\\_D\\_BwE](https://ec.wiautomation.com/schneider-electric/variadores-motores-proteccion-de-circuitos/A9N17577?gclid=EAIaIQobChMIxKrN2tnNgAMVh6ZaBR3RiQdIEAQYASABEgL-A_D_BwE)
- Work, E. (2017). *Inversores de corriente para sistemas fotovoltaicos*. Obtenido de [https://www.editores-srl.com.ar/sites/default/files/ie326\\_estabilizadores\\_work\\_inversores\\_corriente.pdf](https://www.editores-srl.com.ar/sites/default/files/ie326_estabilizadores_work_inversores_corriente.pdf)

## 11. Anexos

### Anexo 1. Diseño de fotolinera implementada.



Vista 1, fotolinera.



Vista 2, fotolinera.



Vista 3, fotolinera.



**Anexo 1.1** Vista 4, fotolinera.

## Anexo 2. Presupuesto aproximado con baterías de 300 Ah

**Tabla 19.** Presupuesto de elementos del sistema fotovoltaico.

<b>PRESUPUESTO APROXIMADO</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>P.V.P. Unit</b>	<b>P.V.P. Total</b>
72	Panel solar 610 Wp JINKO	350,08	25205,76
32	Batería Litio LiFePO4 300 Ah 12 V VICTRON ENERGY	1588,03	50816,96
4	Regulador de carga MPPT 100 A VICTRON ENERGY	1216,91	4867,64
4	Inversor Trifásico Híbrido 10 kW INFINI SOLAR	3151,34	12605,36
1	Estación de carga Trifásica 40 kW	47500	47500
12	Fusible 16A/1kV	18	216
12	Porta fusible 16 A	12,18	146,16
8	Breaker Vdc 63A/1kV	117,25	938
4	DPS sobretensiones DC 1kV	75,32	301,28
4	Fusible NH Vdc 63A/1kV	47,66	190,64
4	Fusible NH3 Vdc 315A/1kV	127,36	509,44
4	Breaker caja moldeada 315A/1kV	1207,05	4828,2
4	Breaker Vac 220/127V 3P 40A	57,67	230,68
4	Breaker Vac 3P 160A/400V	78,98	315,92
4	DPS sobretensiones AC 0,23kV	124,09	496,36
20	Barras de conexión	20	400
2	Rollo de cable #10 XHHW-2	87,32	174,64
1	Rollo de cable # 8 XHHW-2	104,95	104,95
1	Rollo de cable # 8 AWG THHN	114,29	114,29
10	Metros Cable # 2/0 AWG THHN	14,36	143,6
15	Metros Cable # 1/0 AWG TTU	9,04	135,6
70	Metros malla galvanizada #2,70mm (70m)	12,68	887,6
1	Mano de obra, instalación	2000	2000
Son: ciento setenta y seis mil, noventa y ocho con 44/100		<b>SUB TOTAL \$</b>	153129,08
		<b>I.V.A 15 %</b>	22969,36
		<b>TOTAL \$</b>	<b>176 098,44</b>

**Anexo 2.** Presupuesto de elementos del sistema FV 1.

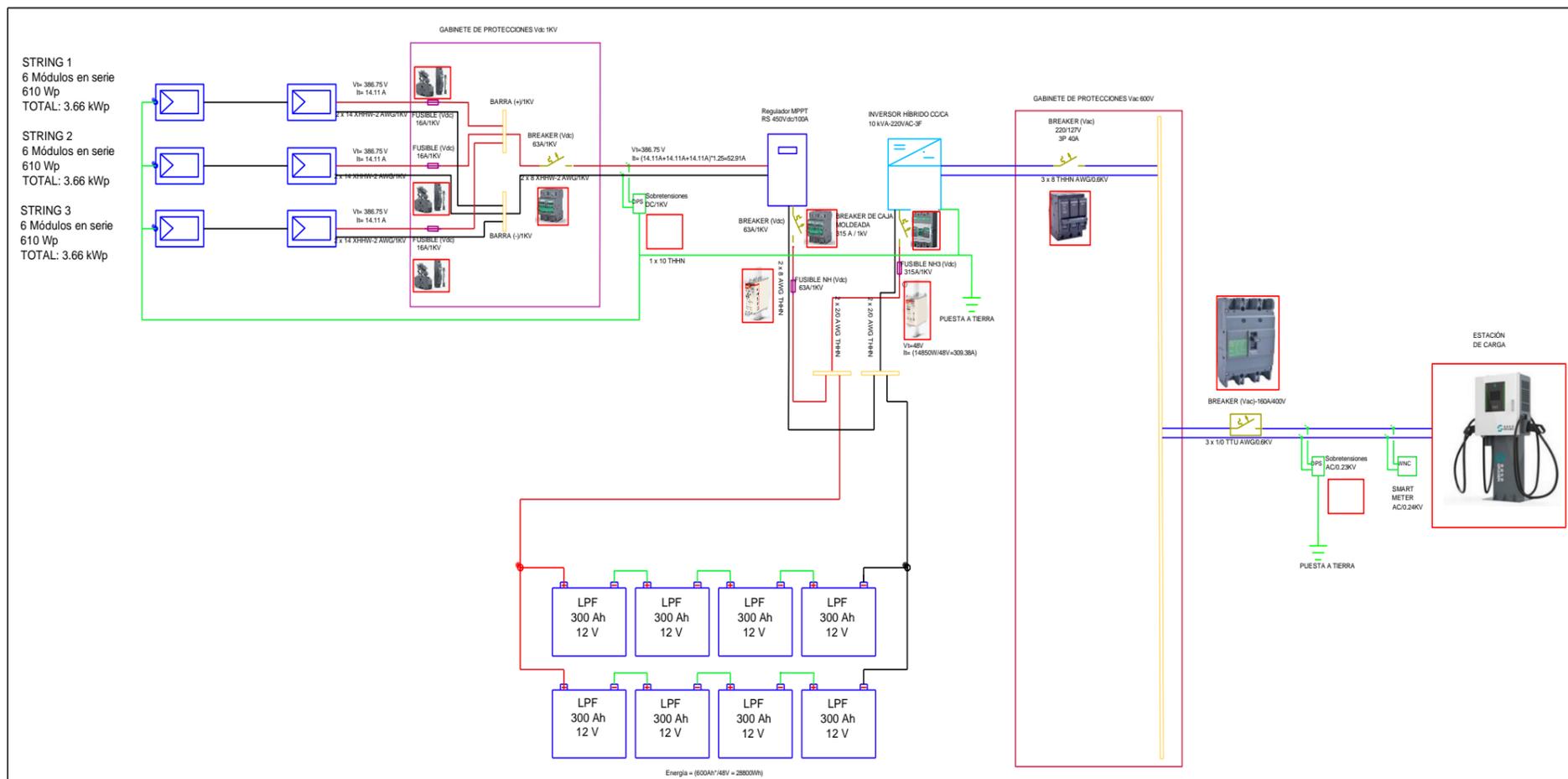
### Anexo 3. Presupuesto aproximado con arreglos de baterías de 100 Ah

**Tabla 20.** Presupuesto de elementos del sistema fotovoltaico 2.

<b>PRESUPUESTO APROXIMADO</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>P.V.P. Unit</b>	<b>P.V.P. Total</b>
72	Panel solar 610 Wp JINKO	350,08	25205,76
96	Batería Litio LiFePO4 300 Ah 12 V VICTRON ENERGY	180	17280
4	Regulador de carga MPPT 100 A VICTRON ENERGY	1216,91	4867,64
4	Inversor Trifásico Híbrido 10 kW INFINI SOLAR	3151,34	12605,36
1	Estación de carga Trifásica 40 kW	47500	47500
12	Fusible 16A/1kV	18	216
12	Porta fusible 16 A	12,18	146,16
8	Breaker Vdc 63A/1kV	117,25	938
4	DPS sobretensiones DC 1kV	75,32	301,28
4	Fusible NH Vdc 63A/1kV	47,66	190,64
4	Fusible NH3 Vdc 315A/1kV	127,36	509,44
4	Breaker caja moldeada 315A/1kV	1207,05	4828,2
4	Breaker Vac 220/127V 3P 40A	57,67	230,68
4	Breaker Vac 3P 160A/400V	78,98	315,92
4	DPS sobretensiones AC 0,23kV	124,09	496,36
20	Barras de conexión	20	400
2	Rollo de cable #10 XHHW-2	87,32	174,64
1	Rollo de cable # 8 XHHW-2	104,95	104,95
1	Rollo de cable # 8 AWG THHN	114,29	114,29
10	Metros Cable # 2/0 AWG THHN	14,36	143,6
15	Metros Cable # 1/0 AWG TTU	9,04	135,6
70	Metros malla galvanizada #2,70mm (70m)	12,68	887,6
1	Mano de obra, instalación	2000	2000
Son: ciento treinta y siete mil, quinientos treinta con 94/100		<b>SUB TOTAL \$</b>	119592,12
		<b>I.V.A 15%</b>	17938,82
		<b>TOTAL \$</b>	<b>137 530,94</b>

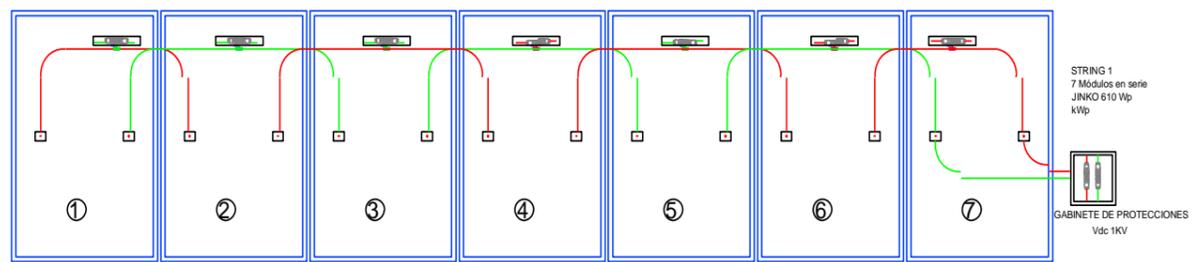
**Anexo 3.** Presupuesto de elementos del sistema FV 2.

**Diagrama Unifilar .**



Energía = (600Ah \* 48V) = 28800Wh

CONEXIÓN SERIE PANELES SOLARES



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b>	
	Título: Diagrama unifilar de una estación de recarga renovable fotolinera.	
	Dibujado por: Alfonso Armijos Mora	
	Revisado por: Ing. Iván Coronel V.	
Escala:	Fecha: Julio 2024	Aprobado por: Ing. Iván Coronel V.
		Lámina Nº <b>01</b> de 01
		Carrera de Electromecánica

Anexo 4. Diagrama unifilar.



**ESCUELA DE EDUCACIÓN BÁSICA "ALONSO DE MERCADILLO" DE LA CIUDAD DE LOJA**

**PIEDAD, ARTE Y VIRTUD.**

*Dirección: Tebaida Baja- Pío Jaramillo y Cuba Teléf. 2571795.*



Lcda. Mónica Susana Guachizaca Armijos

**DOCENTE – ESCUELA ALONSO DE MERCADILLO**

**CERTIFICA:**

Que el documento aquí compuesto es fiel traducción del idioma español al idioma inglés del trabajo de titulación denominado **“ANÁLISIS DEL DIMENSIONAMIENTO DE UNA ESTACIÓN DE RECARGA RENOVABLE FOTOLINERA UBICADA EN LA CIUDAD DE SARAGURO”**

De la Universidad Nacional de Loja, autoría de **ARMIJOS MORA GALO ALFONSO** con número de cédula **1105354631**, estudiante de la carrera de Electromecánica de la Universidad Nacional de Loja.

Lo certifico en honor a la verdad y autorizo al interesado hacer uso del presente en lo que a sus intereses convenga.

Loja, 02 de Julio del 2024

Lcda. **Mónica Guachizaca Armijos.**



*Dirección: Tebaida Baja- Pío Jaramillo y Cuba Teléf. 2571795. Nº 17 – 101  
Correo: [alonsodemercadillo11h00078@gmail.com](mailto:alonsodemercadillo11h00078@gmail.com)  
Loja - Ecuador*