

Estudio Conceptual de Viabilidad de Suministro de Energía Eléctrica en Electrolineras utilizando
Sistemas Fotovoltaicos en la Ciudad de Bucaramanga

Natalia Ardila Lombana.

Eusebio Segundo Quintero Yépez

Trabajo de grado para optar a título Ingeniero Electricista

Director:

Manuel José Ortiz

Ingeniero Electricista

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Bucaramanga

2022

Dedicatoria

A mi madre Aceneth por motivarme a cumplir mis sueños y a no decaer.

A mi papá Eusebio por brindarme su apoyo incondicional para seguir adelante por ser mi ejemplo para seguir.

A mi compañera de vida Zuleyma junto con mis tres hijos por estar siempre a mi lado apoyándome en este proceso, brindándome amor y su comprensión.

A mis hermanos por estar ahí brindándome su apoyo que los quiero y los admiro a cada uno de ellos.

A mis amigos: Sebastián Londoño, César Cristancho, Luisa Torres y otros que me dejaron esta bonita experiencia por la universidad.

Eusebio Segundo Quintero Yépez

Primero que todo quiero dar gracias a Dios por todas sus bendiciones, por ayudarme en todo momento.

Gracias a mis padres, hermanos y demás familia por su amor, apoyo incondicional en cada momento de mi carrera y sus grandes consejos. Sin ellos, esta finalización de mi vida universitaria no habría sido posible.

Gracias a mis amigos (Esmeralda Morcote, Carolina Rocha, Nayely Peña, Sara Rodríguez, Sthefany Vásquez, Felipe Martínez, Damaris Ángel, Talero, Danna Galvis, Diana, Fernando Marín, Daniela Gómez, Eusebio y demás amigos) por acompañarme en esta etapa y por su apoyo incondicional.

Gracias a todos los profesores que hicieron parte de mi proceso universitario, por su compromiso, dedicación, consejos, por sus grandes enseñanzas y por compartir sus anécdotas en su vida laboral.

Gracias a mi director de grado, codirector y compañero de trabajo de grado. Por guiarnos y acompañarnos en todo este proceso.

Gracias a la Universidad Industrial de Santander, en especial a la escuela E3T por ser mi segundo hogar.

Natalia Ardila Lombana

Agradecimientos

La Universidad Industrial de Santander, en especial a la Escuela E3T y sus respectivos docentes por su labor diaria en la formación y por la oportunidad de poder hacerme profesional.

A mis suegros Luis Baena y Edelis palominos por brindarme su apoyo, su cariño y respaldo con la crianza de mis hijos en este proceso.

A mi compañera Natalia Ardila Lombana por su compromiso durante este proceso.

A Ing. Manuel José Ortiz, docente y director de este proyecto quien nos brindó guía, seguimiento y conocimientos para el desarrollo del proyecto.

Eusebio Segundo Quintero Yépez

Contenido

	Pág.
Introducción	13
1. Objetivos	16
1.1 Objetivo General	16
1.2 Objetivos Específicos.....	16
2. Marco Teórico.....	17
2.1 Energía Renovable	17
2.2 Energía Solar Fotovoltaica.....	18
2.2.1. Panel Fotovoltaico	19
2.2.2 Materiales de las Células Fotovoltaicas	19
2.2.3 Inversores	21
2.2.4 Selección de los Inversores para la Conexión a la Red	23
2.3 Vehículos Eléctricos	23
2.3.1. Historia del Vehículo Eléctrico.....	23
2.3.2 Línea de Tiempo	24
2.3.3. Historia de los Vehículos Eléctricos en Colombia	25
2.3.4. Partes de un Vehículo Eléctrico	25
2.3.4.1 Baterías	26
2.3.4.1.1. Tipos de Baterías.....	26
2.3.5. Funcionamiento del Vehículo Eléctrico.....	28
2.3.6. Clasificación de Vehículos Eléctricos	28
2.3.7. Buses Eléctricos	29

SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN ELECTROLINERAS	5
2.4 Electrolineras	30
2.4.1. Modos de Carga	31
3.4.2. Tipos de Conectores de Vehículos Eléctricos.....	32
2.4.3. Electrolineras en Colombia.....	34
2.4.3.1 Ubicación de Electrolineras en Bogotá.....	37
2.4.3.2 Ubicación de Electrolineras en Bucaramanga.	38
3. Marco Regulatorio	39
3.1 Ley 1964 de 2019 y Ley 2099 de 2021.....	39
3.1.1 Definición	39
3.1.2 Movilidad Sostenible	39
3.1.3 Vehículos Eléctricos	39
3.1.4 Estaciones de Carga Rápida.....	39
3.1.5 Estación de Carga Lenta	40
3.1.6 Impuesto sobre Vehículos Automotores.....	40
3.1.7 Descuento sobre la Revisión Técnico-Mecánica y Emisiones Contaminantes	40
3.1.8 Incentivos al uso de Vehículos Eléctricos y de Ceros Emisiones Otorgados por Parte de las Entidades Territoriales	40
3.1.9 Restricción a la Circulación Vehicular	40
3.1.10 Iniciativa Pública de Uso de Vehículos Eléctricos	41
3.1.11 Incentivos.....	41
3.1.12 Disposición y Cumplimientos.....	42
3.2 Ley 2099 de 2021.....	42
3.2.1 Estaciones de Carga Rápida.....	42

3.2.2 Disposición de la Presente Ley	43
3.2.3 Transporte Terrestre Automotor de Carga y Público de Pasajeros.....	43
3.2.4 Costos Asumidos	43
3.2.5 Vehículo de Servicio Oficial.....	44
3.2.6 Vehículo de Servicio Particular	44
3.2.7 Vehículo de Servicio Público.....	44
3.2.8 Vehículo de Transporte Masivo.....	44
3.2.9 Vehículo 100% Eléctrico	44
3.2.10 Vehículo Híbrido	45
4. Dimensionamiento del Sistema FV-ON GRID a una Electrolinera	45
4.1 Datos Técnicos del Proyecto.....	49
4.2 Detalles de Dimensionamiento	50
4.3 Componentes Utilizados	51
4.3.1. Cálculo de Protecciones Eléctricas- Caso 50%-100%.....	52
4.4 Esquemas de Conexión en Paneles FV	53
4.4.1 Capacidad Instalada 50%.....	54
4.4.2 Capacidad Instalada 100%.....	55
4.5 Diagrama Unifilar del Sistema.....	56
4.5.1 Diagrama Unifilar Capacidad Instalada 50%	56
5. Presupuesto	57
5.1 Estructura de Presupuesto o Costos para las Estaciones de Carga (Electrolineras)	57
5.1.1 Inversión Inicial	59
6. Análisis Comparativo del Suministro de Energía Mediante un Sistema Fotovoltaico <i>ON GRID</i>	

y un Sistema Convencional Conectado Totalmente a la Red a una Electrolinera	60
7. Conclusiones	62
Referencias Bibliográficas	64

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. <i>Tipos de Radiación</i>	18
Figura 2. <i>Partes de una Celda Fotovoltaica</i>	19
Figura 3. <i>Tipos de Paneles Fotovoltaicos</i>	20
Figura 4. <i>Modelado y Control del Sistema Fotovoltaico</i>	21
Figura 5. <i>Vehículo Eléctrico</i>	24
Figura 6. <i>Línea de Tiempo</i>	24
Figura 7. <i>Línea de Tiempo Vehículos Eléctricos de Colombia</i>	25
Figura 8. <i>Composición de un Vehículo Eléctrico</i>	27
Figura 9. <i>Bus Eléctrico</i>	30
Figura 10. <i>Esquema con los Tipos de Conectores</i>	33
Figura 11. <i>Clase de Conectores en Colombia</i>	34
Figura 12. <i>Porcentaje de Tipos de Conectores</i>	35
Figura 13. <i>Ciudades con más Electrolineras</i>	36
Figura 14. <i>Primera Eco-estación en Servicio de Bucaramanga</i>	38
Figura 15. <i>Ubicación de la Empresa Contratista (Transpiedecuesta)</i>	46
Figura 16. <i>Componentes Seleccionados Panel Fotovoltaico & Inversor</i>	53
Figura 17. <i>Esquema de conexión de los paneles FV para una capacidad instalada de 310.345 kWp.</i>	54
Figura 18. <i>Arreglo de Conexión de Paneles Fotovoltaico</i>	55

Figura 19. <i>Diagrama Unifilar del Sistema para CI-50%</i>	56
Figura 20. <i>Estructura de Costos para Estación de Carga para Vehículos Eléctricos</i>	57
Figura 21. <i>Tarifas por kWh</i>	60

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Datos de los proyectos con energías no convencionales</i>	18
Tabla 2. <i>Clasificación de Vehículos Eléctricos</i>	28
Tabla 3. <i>Información para la Implementación de la Electrolinera</i>	46
Tabla 4. <i>Cuadro de Cargas</i>	47
Tabla 5. <i>Generación/Consumo de Carga</i>	48
Tabla 6. <i>Datos Técnicos para el 50% de Generación</i>	49
Tabla 7. <i>Datos Técnicos para el 100% de Generación</i>	50
Tabla 8. <i>Datos de Placa-Monocristalino PERC Ecogreen</i>	51
Tabla 9. <i>DataSheet Inversor Modelo Inversor Fronius Primo 10 KVA 208-240 Webservice</i>	51
Tabla 10. <i>Cantidad de Componentes Utilizados</i>	52
Tabla 11. <i>Parámetros de las Protecciones- 50% y 100%</i>	53
Tabla 12. <i>Costo Unitario Componentes SFV-50%</i>	58
Tabla 13. <i>Costo Unitario Componentes SFV-100%</i>	58
Tabla 14. <i>Inversión Inicial</i>	59
Tabla 15. <i>Características del Bus Eléctrico</i>	60
Tabla 16. <i>Energía Total de Consumo por la Electrolinera</i>	61
Tabla 17. <i>Energía Generada por el Panel Fotovoltaico entre 50% y 100%</i>	61

Resumen

Título: Estudio conceptual de viabilidad de suministro de energía eléctrica en electrolineras utilizando sistemas fotovoltaicos en la ciudad de Bucaramanga*

Autor: Natalia Ardila Lombana, Eusebio Segundo Quintero Yépez**

Palabras Clave: Sistemas fotovoltaicos, dimensionamiento, energía renovable, Electrolineras, inversores, vehículos eléctricos, ley 1964-2019, RETIE, NTC 2050.

Descripción:

En la actualidad, se presenta un cambio en el sector energético que busca un modelo más sostenible, eficiente y amigable con el medio ambiente, por esto, en busca de satisfacer las necesidades energéticas, Este trabajo tiene como propósito evaluar la aplicación de los establecido en la ley 1964 de 2019 en cuanto a la implementación de estaciones de recarga en cada municipio. Por esta razón, se realizará el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica en cada electrolinera.

En Colombia ha habido un incremento significativo de vehículos eléctricos, el reporte de la Asociación Nacional de Movilidad Sostenible (Andemos). Indica que, hasta el 13 de enero de 2020, se han matriculado en el país 5.120 unidades y hasta el mes de octubre del 2020 hay un reporte de total de vehículos eléctricos matriculados de 8.424 unidades. Con el aumento vehículos eléctricos se debe incrementar las estaciones de recarga (electrolineras).

Estas estaciones de recarga eléctrica requieren potencias más elevadas, por tanto, se debe mejorar la infraestructura de suministro de energía eléctrica, proponiendo como alternativa la posibilidad de proveer energía para poder suplir las estaciones de recarga de vehículos eléctricos mediante sistemas fotovoltaicos.

Mediante estos sistemas fotovoltaicos se obtienen grandes beneficios ambientales, económicos y socioeconómicos. Este proyecto es un esfuerzo para analizar alternativas que permita diseñar un sistema de carga para vehículos eléctricos mediante un sistema fotovoltaico.

** Trabajo de grado

** Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas.
Director: Manuel José Ortiz, Ingeniero Electricista

Abstract

Title: Conceptual study on the feasibility of electricity supply in electrolineras using photovoltaic systems in the city of Bucaramanga*

Author: Natalia Ardila Lombana, Eusebio Segundo Quintero Yepes**

Key Words: Photovoltaic systems, sizing, renewable energy, electrolineras, inverters, electric vehicles, law 1964-2019, RETIE, NTC 2050.

Description:

Currently, there is a change in the energy sector that seeks a more sustainable, efficient and environmentally friendly model, therefore, seeking to meet energy needs, This work aims to evaluate the application of those established in the law 1964 of 2019 in terms of the implementation of refueling stations in each municipality. For this reason, a photovoltaic system will be dimensioned for the supply of electrical energy in each electroliner.

In Colombia there has been a significant increase in electric vehicles, the report of the National Association of Sustainable Mobility (Andemos). It indicates that, until January 13, 2020, 5,120 units have been registered in the country and until October 2020 there is a report of total registered electric vehicles of 8,424 units. With the increase electric vehicles must increase the charging stations (electrolineras).

These recharging stations require higher powers, therefore, the electricity supply infrastructure must be improved, proposing as an alternative the possibility of providing energy to supply the charging stations of electric vehicles using photovoltaic systems. These photovoltaic systems provide great environmental, economic and socio-economic benefits. This project is an effort to analyze alternatives to design a charging system for electric vehicles using a photovoltaic system.

* Degree work

** School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering. Faculty of Physicomechanical Engineering.
Director: Manuel José Ortiz, Electrical Engineer

Introducción

El crecimiento de la población, las nuevas industrias, el avance tecnológico, ha ocasionado un incremento de la demanda de energía eléctrica. Según la UPME, el crecimiento energético ha permitido que se desarrollen varias propuestas de proyectos de generación renovable. En 2020 se tenían 34 proyectos, en 2021 156 proyectos y en 2022 (corte a 31 de mayo) 88 proyectos vigentes, por lo que, se ha tenido un aumento significativo en los dos últimos años. Por tal motivo, es importante seguir incentivando la utilización de estas energías debido al bajo impacto ambiental y la disminución en los costos (Unidad de planeación energética (UPME), 2015).

Las nuevas tecnologías que se han implementado en la última década han sido cruciales para incentivar a la comunidad a generar electricidad mediante fuentes de energía renovables (solar, eólica, biomasa, entre otras,). Las dos más importantes son la energía fotovoltaica y la energía eólica, porque debido a su avance tecnológico estos sistemas son más eficientes y se ha logrado disminuir sus costos de producción, asimismo, se motiva el autoconsumo energético (Enel (Green Power), 2019).

Dentro de las fuentes renovables de energía, se destaca la energía fotovoltaica (FV) debido a que se caracteriza por convertir la energía solar (irradiación) en energía eléctrica a partir de sistemas fotovoltaicos (SFV) (Rodríguez & Sarmiento, 2011).

El dimensionamiento de un SFV consiste en el cálculo del tamaño de una instalación para satisfacer un requerimiento de energía en sitio en un lapso determinado. Esto se consigue fundamentalmente determinando los elementos que conforman el sistema (paneles fotovoltaicos, inversor, regulador de carga y cableado) (Aguilera & Hontoria, 2011).

El vehículo eléctrico es el nuevo sistema de transporte amigable con el medio ambiente,

está compuesto por un motor, baterías y dispositivos electrónicos. Estos vehículos necesitan de una estación para cargar las baterías del vehículo, a diferencia de carro convencional que necesita quemar combustible para que funcione el motor. Por consiguiente, es importante que las electrolinerías generen su propio suministro de electricidad mediante sistemas fotovoltaicos para que todo el sistema sea sustentable y sostenible. Adicionalmente, el aumento de electrolinerías ayuda a mejorar la cobertura en las ciudades de Colombia e incentivar a las personas a comprar vehículos eléctricos.

Ante la limitación actual de la poca autonomía que tienen los vehículos eléctricos para realizar viajes largos de más de 200 km, nacen las electrolinerías como una solución al problema y una apuesta definitiva al coche eléctrico. Son las nuevas gasolineras del futuro (Factorenergía, sf).

Las estaciones de carga para vehículos eléctricos e híbridos enchufables son considerados proyectos de gestión eficiente de la energía cuentan con los siguientes beneficios: exclusión de IVA, y descuento en el impuesto de renta del 25% de la inversión realizada en el proyecto de Generación de Energía Eléctrica (GEE) o deducción del impuesto de renta del 50% de la inversión realizada en el proyecto GEE en un periodo de hasta 15 años (Portafolio, 2022).

La tracción eléctrica se ha implementado durante más de un siglo en los diferentes segmentos del transporte terrestre. Si bien es claro que la tecnología evidencia una mayor memoria operacional (experiencia y confiabilidad de uso) en el transporte público: trenes y trolebuses, los vehículos eléctricos en el segmento particular emplean motores eléctricos similares y su evolución, tanto en tracción como en almacenamiento de energía se ha acelerado durante las últimas décadas (Unidad de Planeación Minero y Energética (UPME), 2022).

El cambio climático y la contaminación del aire se ven potenciados por la utilización de energías convencionales. Por consiguiente, la ley 1964 de 2019 consiste en la implementación

obligatoria de vehículos eléctricos para el transporte público para el 2023, asimismo, se debe garantizar la existencia de varias estaciones de recarga para los vehículos eléctricos. Por consecuencia va a haber una demanda de energía que se debe suplir, para ello, se debe mejorar la infraestructura de suministro de energía proponiendo como alternativa proveer esa energía mediante energías renovables en este caso por medio de los sistemas fotovoltaicos (Unidad de Planeación Minero y Energética (UPME), 2022).

A la fecha se han expedido diversas disposiciones regulatorias. Algunas de estas son: la regulación Creg Ra8-03, la cual se regula la actividad de instalación de estaciones de carga para vehículos, ley 1964 de 2019, la cual tiene por objetivo promover el uso de vehículos eléctrico, la resolución Creg 186 de 2021, que regula la movilidad eléctrica, la resolución Upme 196 de agosto del 2020, la cual establece los requisitos y procedimiento para acceder a los beneficios tributarios en proyectos eficientes de energía, la ley 2099 de 2021, la cual dictan disposiciones para la transición energética, Por otro lado, el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), establece que los componentes de los SFV las instalaciones eléctricas y el montaje deben realizarse de acuerdo con la Sección 690 de la NTC 2050.

Considerando lo mencionado, se desarrolló este trabajo que tiene como objetivo realizar el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para suministrar energía a una estación de recarga para vehículos eléctricos, en el cual, se evaluará la viabilidad que conlleva la implementación de sistemas fotovoltaicos en las electrolinerías cumpliendo con los reglamentos y normas para sus instalaciones, entregar un servicio de calidad, pero también motivar a que las personas se movilicen en vehículos eléctricos.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Diseño del sistema fotovoltaico y del sistema de carga para vehículos eléctricos en una estación de servicio con la expectativa de aplicar los requisitos indicados en la ley 1964 de 2019.

1.2 Objetivos Específicos

Realizar un análisis comparativo del suministro de energía eléctrica con paneles fotovoltaicos y con un sistema convencional.

Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica en una estación de recarga eléctrica.

Conocer los requisitos indicados en la ley 1964 de 2019.

Establecer el costo estimado que se requiere para el diseño, la construcción y la implementación de la Electrolinera (estación de recarga).

2. Marco Teórico

En esta sección, se describe las energías renovables en este caso la solar fotovoltaica: Su funcionamiento, componentes y demás parámetros. También, los vehículos eléctricos, su historia, tipos de cargas de vehículos eléctricos, modelos de vehículos, baterías, electrolineras y tipo de conectores de las electrolineras.

2.1 Energía Renovable

Las energías renovables, son energías primarias que se obtiene a partir de los recursos naturales: El agua, sol, viento, la biomasa vegetal o animal. Luego de que estas energías pasan por todo un proceso de transformación para poder generar electricidad, al finalizar todo el proceso las fuentes de energía se pueden regenerar de manera natural o artificial. Por consiguiente, son inagotables y no contaminantes (Enel (Green Power), 2019).

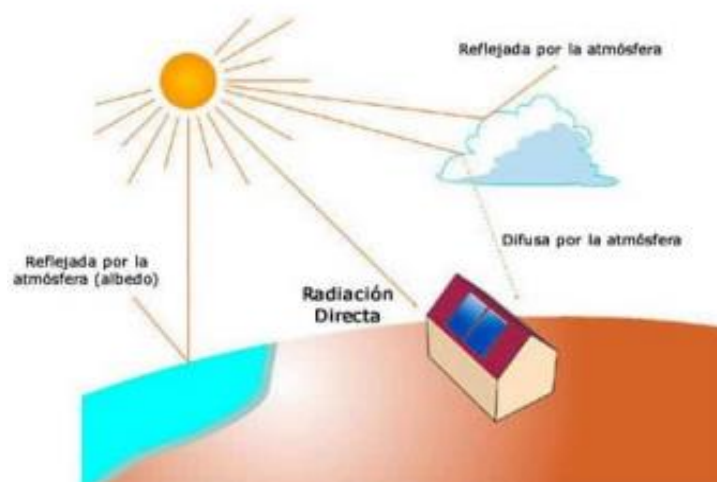
Según el “informe de registros de proyectos de generación” de la UPME (corte a mayo 31 de 2022), los proyectos que se encuentran vigentes se encuentran divididos de la siguiente manera (Tabla.1). Actualmente, la cantidad de proyectos vigentes son 278, los cuales, se encuentran distribuidos dependiendo de su rango de potencia: 4(0-1MW) ,113(1-10MW), 60(10-20MW), 14(20-50MW), 42 (50-100MW), y 45(mayor a 100MW). En los departamentos que se encuentran ubicados estos proyectos son los siguientes: Tolima (39), Córdoba (23), La Guajira (23), Boyacá (20), Santander (19), Antioquia (17), Atlántico (17) Cundinamarca (17), Bolívar (11) (Unidad de Planeación Minero y Energética (UPME), 2022).

Tabla 1. Datos de los proyectos con energías no convencionales

Año	Biomasa	Eólico	Hidráulico	Solar	Térmico
2020	0,4%	0,7%	3,6%	7,6%	-
2021	0,4%	2,9%	7,6%	45%	0,4%
2022	-	3,6%	2,2%	25,9%	-
Total	0,8%	7,2%	13,3%	78,4%	0,4%

2.2 Energía Solar Fotovoltaica

La energía solar es una energía renovable, la cual su medio de transferencia es la radiación que llega en forma de ondas electromagnéticas que pueden viajar a través del vacío a la tierra. Para que se pueda generar electricidad utilizando esta fuente se utilizan sistemas fotovoltaicos que producen electricidad mediante los fotones (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), sf).

Figura 1. Tipos de Radiación

Nota: Sunfields

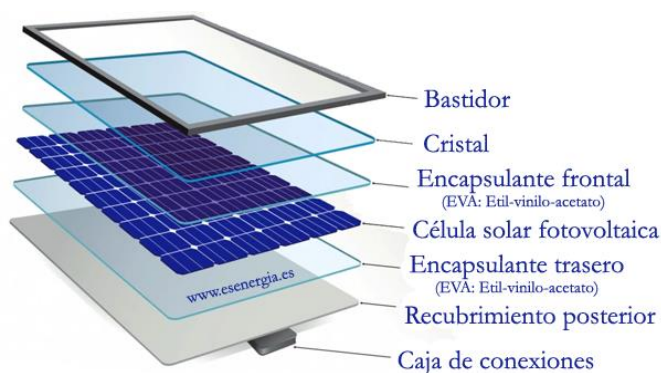
Los sistemas fotovoltaicos absorben energía de la luz no visible: la luz ultravioleta y la luz infrarroja. Por consiguiente, si la onda tiene un ancho de banda menor va a tener una mayor energía, los fotones pueden almacenar energía del 17% al 20%, debido a que el sol produce

electricidad, pero también calor, todo depende de los módulos que se utilicen para la instalación los cuales pueden aprovechar o disipar el calor. Estos sistemas fotovoltaicos están conformados por componentes: mecánicos, eléctricos y electrónicos. Según el Atlas de Radiación Solar, Colombia tiene un buen potencial energético solar en todo el territorio destacándose La Guajira y Orinoquia (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), sf)..

2.2.1. Panel Fotovoltaico

El panel fotovoltaico es el encargado de realizar todo el proceso de producir electricidad a través de los fotones(es la partícula responsable de todas las formas de radiación electromagnética) que da radiación solar, impactan sobre la primera superficie del panel penetrando en este y siendo absorbido por materiales semiconductores que se encargan de recibir la luz solar, tales como el silicio o el arseniuro de galio, después de que estos fotones tienen contacto, las células solares calientan las placas y se produce un flujo de electrones que generan electricidad en forma de corriente directa (Energía Fotovoltaica-Esenergia, sf).

Figura 2. Partes de una Celda Fotovoltaica



Nota: esenergía.es

2.2.2 Materiales de las Células Fotovoltaicas

Silicio monocristalino: Las células están formadas por un solo cristal, se utiliza el silicio que es un semiconductor que pasa por diferentes procesos hasta que se convierte en una lámina

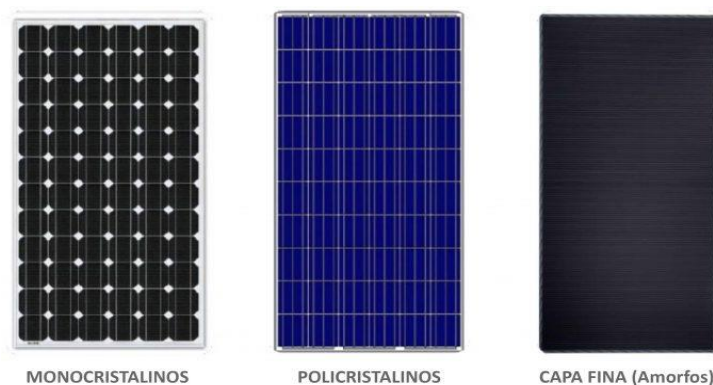
cristalina, su color es un azul oscuro y presenta una mayor eficiencia, pero su precio es elevado.

Silicio Policristalino: Se utiliza la misma base silicio, pero está formado por varios pequeños cristales de silicio que se integran para formar las láminas, su color es azul oscuro, pero tiene manchas de otros tipos de azul más claros. Presenta una menor eficiencia y su precio es bajo, comparado con el monocristal.

Silicio amorfo: Es la forma no cristalina del silicio, su placa es muy delgada por lo que se acomoda fácilmente a su molde, debido a que se utiliza muy poco material lo hace económico comparado con los otros dos materiales, su color es oscuro. Pero la potencia que puede absorber disminuye con el tiempo, por lo que su eficiencia se ve afectada. Por consiguiente, las células necesitan un mantenimiento frecuente (Tritec Intervento, 2017).

Estos tres materiales utilizados para la fabricación de células fotovoltaicas son los más comunes (Figura 3), debido a que presentan una mejor eficiencia comprada con otros materiales.

Figura 3. *Tipos de Paneles Fotovoltaicos*



Nota: Tritec Intervento. (2017). *Tipo de paneles fotovoltaicos*. <https://tritec-intervento.cl/tipos-de-paneles-fotovoltaicos/>

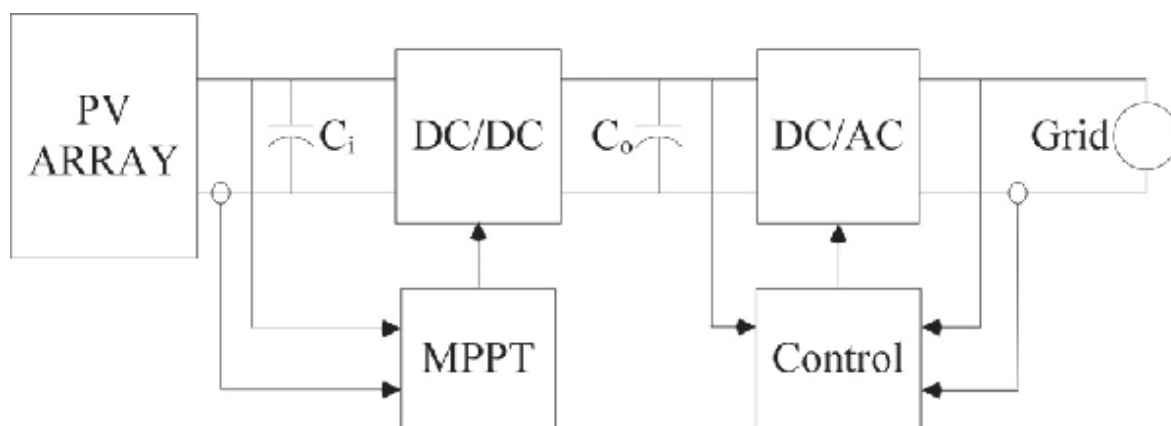
Según la agencia de energía internacional de energía renovables (IRENA), todos los continentes (excepto Oceanía), agregaron más proyectos de energía fotovoltaica el año pasado(2021), los seis principales países que han tenido un aumento significativo son los

siguientes: China con una capacidad instalada de 254.355MW con su porcentaje de 35.6%, EE.UU con 75.572MW su porcentaje de 10.6%, Japón 67 MW su porcentaje de 9.4%, Alemania con 53.783MW su porcentaje 7.5%, India 39.211 MW su porcentaje de 5.5% y Italia 21.6MW su porcentaje de 3.0%. En el ranking de países a nivel mundial donde se realiza la comparación con 79 países, Colombia ocupa el puesto 76 con una capacidad instalada de 107 MW y un porcentaje 0.01% de avance SFV a nivel mundial (Carorce6, 2017).

2.2.3 Inversores

Son dispositivos electrónicos que convierte la corriente directa (DC) a corriente alterna (CA), Se utiliza en los sistemas fotovoltaicos debido a que los paneles generan energía en forma de corriente directa y las cargas que alimentan (dispositivos eléctricos y electrónicos) utilizan corriente alterna. Por consiguiente, el inversor es el encargado de suministrar esa energía generada por el sistema fotovoltaico a la red. En la figura.5 se muestra la secuencia que realiza los equipos de un sistema fotovoltaico para poder suministrar energía eléctrica a la red (Portafolio, 2022).

Figura 4. Modelado y Control del Sistema Fotovoltáico



Nota: Semantic Scolar. (2012). Modelado y control de sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica. <https://www.semanticscholar.org/paper/Modelado-y-control-de-sistemas-fotovoltaicos-a-la-Paja-Montes/6b74283b601af65028e2e3c90b8336560de14971>

Está conformado por los siguientes equipos:

Control principal: Tiene los elementos de control y el sistema de modulación del ancho de pulsos (PWM) de una señal que es el encargado de controlar la cantidad de energía que se va para la red (Portafolio, 2022), (Unidad de Planeación Minero y Energética (UPME), 2022)

Etapas de potencia: En este proceso se determina cuantos módulos van a estar conectados en serie o paralelo para obtener la potencia requerida, también se coloca un filtro LC para rectificar la onda que viene de los módulos.

Control de la red: Es un circuito físico donde se recibe la señal para enviarla a la red, este se encarga de que todo se encuentre con las características de la red: tensión, frecuencia y sincronismo (Portafolio, 2022), (Unidad de Planeación Minero y Energética (UPME), 2022).

Seguidor del punto máximo de potencia (MPPT): Es el encargo de conseguir la tensión de trabajo para obtener la potencia máxima de salida. De esta manera conseguir una mejor producción de energía solar.

Monitorización de datos: Está compuesto por microprocesadores los cuales tienen los datos nominales del sistema y se encargan de controlar que los valores que ingresen no superen los nominales para garantizar el buen funcionamiento del sistema.

Protecciones: Todos los inversores deben tener protecciones eléctricas en el lado del sistema fotovoltaico y en la red, que protejan de fallas internas o externas (Portafolio, 2022), (Unidad de Planeación Minero y Energética (UPME), 2022).

Las magnitudes que se deben tener en cuenta para la selección de los inversores:

- Tensión nominal: Es la tensión de entrada que necesita el inversor
- Potencia nominal: Es la potencia máxima que el inversor puede soportar para que trabaje

adecuadamente

- Potencia pico: Es la potencia en kW que va a tener el sistema fotovoltaico
- Temperatura de trabajo: Es la temperatura interna máxima, en la cual el inversor va a operar adecuadamente
- Distorsión de la intensidad: La distorsión armónica (THD), permite saber que tan pura es la señal de salida.
- Rendimiento: Es la relación de potencia de salida sobre la entrada, está relacionado con las pérdidas que puede tener el equipo y de esta manera se determina su eficiencia.
- Voltaje de rizado: Es la pequeña componente de C.A que queda al ser rectificada una señal de C.C.
- Factor de potencia: Es la relación de potencia activa sobre la aparente, indica el porcentaje de potencia activa que está consumiendo la carga.

2.2.4 Selección de los Inversores para la Conexión a la Red

Para la selección del inversor se debe calcular la carga instalada del sistema, la cual va estar multiplicado por un factor de corrección. Este resultado determina la capacidad que debe tener el inversor. En este caso, se requiere un inversor un inversor trifásico debido alto consumo de electricidad de una electrolinera (EFIMARKE, 2018).

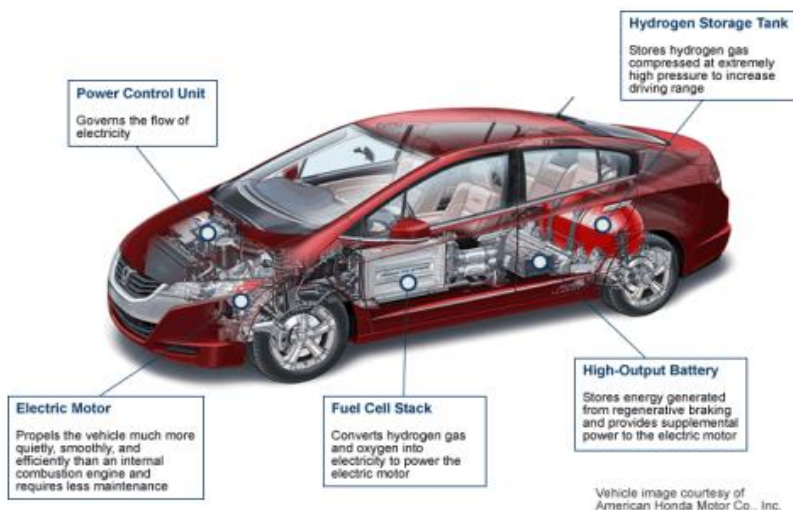
2.3 Vehículos Eléctricos

2.3.1. Historia del Vehículo Eléctrico

Los vehículos eléctricos fueron inventados desde el siglo XIX, el primer prototipo fue creado por el químico escocés Robert Anderson entre 1832 y 1839. De esta manera surgió el carruaje que era alimentado por celdas eléctricas más adelante en 1881 se creó la pila eléctrica la cual tuvo un gran avance para la mejora de este automóvil. Pero Henry Ford diseño y fabricó el motor de gasolina en 1896, el cual tuvo una gran acogida debido a que el precio del petróleo había

disminuido, era más fácil su producción y accesible a la mayoría de la población. Aunque los vehículos eléctricos eran más fáciles de utilizar y menos contaminantes, necesitaban una mayor inversión para su producción. Esto hizo que se popularizara la compra de los vehículos de motor de gasolina y se dejará la fabricación de vehículos eléctricos en esa época (Wakefield, 1994).

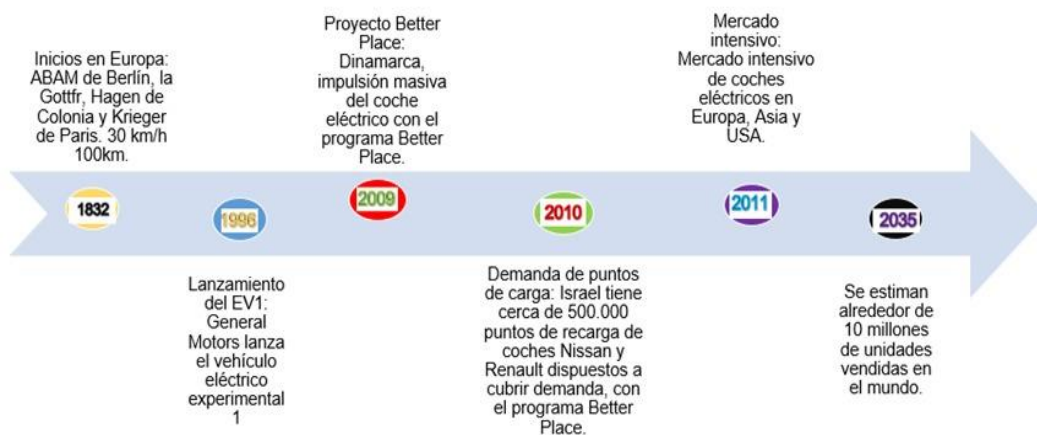
Figura 5. Vehículo Eléctrico



Nota: EFIMARKE. (2018). *Cómo seleccionar un inversor para instalación fotovoltaica*. Obtenido de <https://www.efimarket.com/blog/seleccionar-inversor-una-instalacion-fotovoltaica/>

2.3.2 Línea de Tiempo

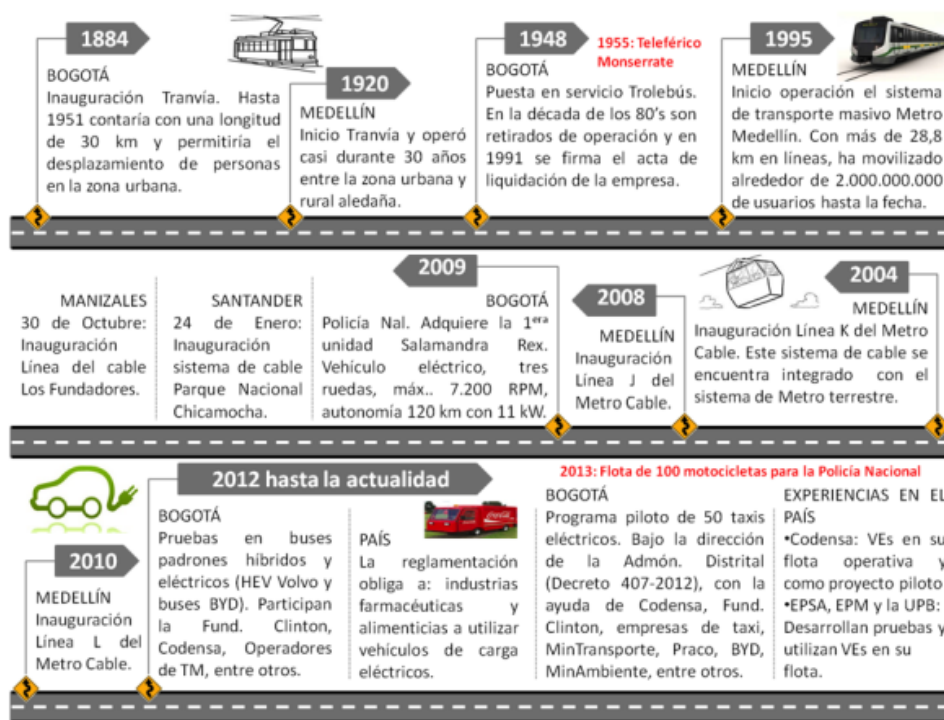
Figura 6. Línea de Tiempo



Nota. Autores del Proyecto

2.3.3. Historia de los Vehículos Eléctricos en Colombia

Figura 7. Línea de Tiempo Vehículos Eléctricos de Colombia



Nota: Tecnalia

En Colombia, según el último balance entregado por el Ministerio de transporte (hasta marzo de 2022), se han registrado más de 7.000 000 vehículos eléctricos en todo el país, cifra que demuestra el rápido crecimiento de este segmento. En el 2018 solo era de 2.165 pero se ha realizado una estimación, la cual se espera que a finales del presente año (2022) Colombia llegue a más de 10.000 unidades de vehículos eléctricos (Portafolio, 2022).

2.3.4. Partes de un Vehículo Eléctrico

Convertidor (DC/DC): Se encarga de cambiar el nivel de tensión de entrada

Rectificador (AC/DC): Es el cargador del vehículo eléctrico, el cual convierte la energía de AC a DC y de esta forma poder alimentar o cargar las baterías del vehículo.

Inversor (DC/AC): Convierte la energía de DC a AC, para poder colocar en funcionamiento

el motor eléctrico.

Motor eléctrico: El motor eléctrico convierte la energía almacenada por las baterías en energía mecánica y de esta forma les da el movimiento a las ruedas del vehículo, Los motores de un auto eléctrico pueden ser de corriente alterna (AC) o de corriente continua (DC). La diferencia principal entre estas dos variedades es la forma de alimentación.

El de corriente continua es alimentado directamente desde la batería principal. Mientras que el de corriente alterna también se alimenta por medio de la energía que emite la batería. Pero transformada previamente en corriente alterna a través de un inversor (Los Coches, 2022).

2.3.4.1 Baterías. Las baterías son las encargadas de almacenar energía y de la alimentación de energía a los motores eléctricos que se realiza mediante acumuladores de energía a bordo que son recargados desde la red de distribución eléctrica interconectada o desde una red eléctrica alimentada por un sistema de autogeneración autónomo. Esa energía es convertida de eléctrica a mecánica y de esa forma se coloca en funcionamiento el vehículo eléctrico. Para garantizar un óptimo funcionamiento de los vehículos es importante el tipo de batería que se elige porque de eso depende la capacidad de carga, el precio y la vida útil del vehículo eléctrico (Donado, 2021).

2.3.4.1.1. Tipos de Baterías

Plomo-Ácido(PB-ÁCIDO): Esta batería es poco común para la utilización de los vehículos eléctricos debido a que su capacidad de recarga es lenta, puede tener de 500 a 800 ciclos de carga y descarga, también los materiales son pesados.

Niquel-Cadmio(NICd): Este tipo de batería es utilizada en los automóviles totalmente eléctricos, su vida útil esta entre 1500 -2000 cargas y descargas. Tienen muchas desventajas, debido a que son contaminantes (por su componente cadmio que es material tóxico), tienen el efecto memoria y estas baterías deben trabajar entre 20°C y 40°C para evitar su calentamiento (Donado,

2021).

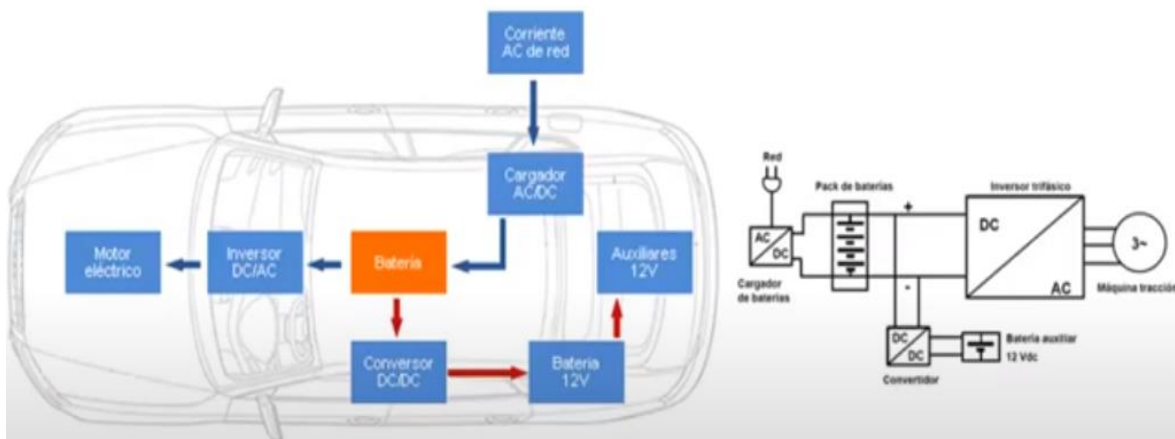
Niquel-Hidruro: Estas baterías son amigables con el medio ambiente debido a que sus componentes no son contaminantes, tiene una reducción de efecto de memoria (comparada con NiCd), su vida útil está entre 1000-2000 cargas y descargas, tiene una menor resistencia a altas temperaturas, por lo que, su capacidad de corriente es elevada.

Ion-Litio(LICOO2): Son baterías ligeras, su vida útil es inferior comparada con las anteriores baterías, está entre 200-500 ciclos de carga y descargas, no tienen efecto memoria. Una de sus desventajas es que se calientan rápido, debido a esto para la utilización de ellas, requieren sensores que monitoreen su temperatura.

Ion-Litio con Catodo de LIFEP04: Las baterías de fosfato, hierro y litio(LiFePO4) son muy comunes para instalaciones que requieren altas potencias, no son contaminantes, su ciclo de vida está en 2000 cargas y descargas. Son baterías seguras ya que no se sobrecalientan, pero su costo es elevado.

Polímero de Litio(PO): Este tipo de batería es muy utilizada en radios, cámaras, aviones, entre otros, debido a que son livianas, tienen una gran potencia y sin efecto memoria. Pero su ciclo de vida está por debajo de 1000 cargas y descargas, además su precio es elevado (Donado, 2021).

Figura 8. Composición de un Vehículo Eléctrico



2.3.5. Funcionamiento del Vehículo Eléctrico

Tiene un banco de baterías las cuales son alimentadas por una fuente externa (red eléctrica AC) pero antes de que esa energía llegue a las baterías pasa por un cargador que se encarga de pasar la energía de la red AC a DC para las baterías. La energía que suministra las baterías al motor eléctrico debe ser en AC, por lo que, se utiliza un inversor para poder alimentar al motor eléctrico. Otro circuito que debe alimentar las baterías es el sistema auxiliar, que es el encargado de la iluminación, radio, etc. Para ellos, se utiliza un conversor que disminuye el voltaje del banco de las baterías de alto voltaje a 12V para poder alimentar los servicios auxiliares. El cerebro del vehículo eléctrico es la unidad electrónica de control que se encarga de: (Los Coches, 2022)

- Cuando el vehículo está acelerando, avisa al inversor para que envíe la energía de las baterías al motor
- Cuando está frenando, envía la señal a el equipo para que envíe la energía del motor hacia las baterías

2.3.6. Clasificación de Vehículos Eléctricos

Tabla 2. *Clasificación de Vehículos Eléctricos*

	Funcionamiento	Ejemplo
Vehículos eléctricos con baterías (BEV)	Este tipo de vehículo eléctrico es impulsado por uno o varios motores eléctricos el cual se alimenta de un banco de baterías, estas se pueden recargar con fuentes de alimentación externas (enchufados a la red), equipos portátiles, etc. El motor es el que les da movimiento a las ruedas y entre el motor y las ruedas hay un bidireccional, el cual, consiste de un sistema de frenada regenerativa.	• NISSAN LEAF, • FIAT 500E, • TESLA, • BMW I3

	Funcionamiento	Ejemplo
Vehículo eléctrico de autonomía extendida (EREV)	Es similar al vehículo BEV, tienen uno o varios motores eléctricos, pero también tiene un pequeño motor de combustión el cual se comporta como un generador y carga las baterías. El motor de combustión no se encarga de dar el movimiento a las ruedas, el único que realiza esa función es el motor eléctrico.	• CHEVROLET VOLT, • BMW I3 REX
Vehículo eléctrico híbrido enchufable (phev):	Este vehículo tiene dos tipos de motores: eléctricos y de combustión. Su funcionamiento es de forma individual o combinada entre los dos les dan el movimiento a las ruedas, también cuenta con baterías y un bidireccional para el sistema de frenado regenerativo que se encuentra entre el motor eléctrico y las ruedas.	• MITSUBISHI OUTLANDER, • BMW I8, • TOYOTA PRIUS PLUG-IN
Vehículo eléctrico híbrido puro	Este tipo de vehículo está conformado por dos motores uno de combustión y otro eléctrico, tiene un banco de baterías que son recargadas por el motor de combustión. El motor eléctrico usa la energía almacenada en las baterías, pero estas se cargan por medio del frenado regenerativo.	• TOYOTA C-HR • TOYOTA PRIUS

2.3.7. Buses Eléctricos

La necesidad de reducir emisiones, mejorar la calidad del aire y aminorar los índices de contaminación, cada vez toma más relevancia en los escenarios cotidianos.

En el caso de Colombia, en los últimos años este tema se ha incorporado sobre todo en los servicios de transporte público. El funcionamiento de los buses eléctricos consiste, en que, los

motores se utilizan para generar campo magnético en el rotor y estator. Estos campos se empujan entre sí, con el resultado de que el rotor experimente un par que hace girar las ruedas del bus. Asimismo, hace que el sistema de propulsión actúe como sistema de generación mediante el frenado del vehículo (Portafolio, 2022).

Figura 9. *Bus Eléctrico*



Nota: Portafolio. (2022). *Colombia está a las puertas de llegar a los 1.000 buses eléctricos.* Obtenido de <https://www.portafolio.co/economia/colombia-esta-a-las-puertas-de-llegar-a-los-1-000-buses-electricos-564453>

2.4 Electrolineras

Una electrolinera es una estación de servicio donde, en lugar de gasolina, se dispensa energía para recargar las baterías de los coches eléctricos (Factorenergía, sf).

El incremento en la demanda energética en Colombia en el mes de enero de 2022 aumento un 5.54% con respecto al mismo mes de 2021. Así lo reveló en su más reciente boletín XM, operador del Sistema Interconectado Nacional (SIN) y administrador del Mercado de Energía Mayorista (MEM) y la nueva la ley 1964 de julio de 2019 que dicta beneficios para estimular la adquisición de vehículos con esta tecnología, traerá un incremento proporcional en su consumo, lo cual se convierte en un factor positivo para la economía del país, ya que, con estos cambios e implementación de nuevas tecnologías, se reflejará una diversificación de la matriz energética y

avances tecnológicos.

2.4.1. Modos de Carga

Modo 1: Este tipo de recarga es sencillo debido a que es una conexión directa. El cable del vehículo se conecta a una toma de corriente schuko (a la red eléctrica), su recarga puede ser monofásica con una tensión máxima de 250 V ac y trifásica con una tensión máxima de 480 V ac. Asimismo, se pueden conectar vehículos eléctricos que tengan baja potencia como motos, bicicletas, patinetas, entre otros (Creara Energy Experts, 2018).

Modo 2: Es de carga lenta, es instalado regularmente en viviendas, el cual, consiste en suministrar electricidad a vehículos eléctricos (carros, motos, bicicletas) al conectar el enchufe a la toma de corriente (schuko), su recarga puede ser monofásica o trifásica. La corriente máxima de la instalación es de 16 A con un tiempo de recarga de 6-8 horas, con una potencia entre 3.2-3.6 kW en monofásico y con una corriente máxima de 32 A con un tiempo de recarga de 4 a 6 horas, con una potencia entre 6.6-7.6 kW en trifásica (Creara Energy Experts, 2018).

Modo 3: Es de carga semi-rápida, esta instalación es utilizada en estaciones de recarga con dispositivos llamados WALLBOX (caja en la pared) este sistema tiene elementos de protección que permite que su utilización sea segura para los clientes. La corriente máxima es de 32 A con un tiempo de recarga de 2 horas, su potencia es de 22 kW. Este modo necesita de conectores específicos dependiendo del vehículo eléctrico. (Tipo 1 (SAE J1772) o Tipo 2 (IEC 62196-2))

Modo 4: Es de carga rápida, esta conexión es utilizada en las electrolineras donde se puede cargar el vehículo un 70% en menos de media hora y tiene una potencia máxima de 50 kW. La conexión a la red eléctrica se hace en DC, tiene también un sistema de protección que garantiza la seguridad de la instalación. Estas recargas se hacen más que todo para trayectos largos (Creara Energy Experts, 2018).

3.4.2. Tipos de Conectores de Vehículos Eléctricos

Existen diferentes tipos de conectores para vehículos eléctricos tanto para AC y DC:

Conector schuko: Es un conector que está formado por una fase, neutro y tierra. Son muy utilizados en los electrodomésticos. La corriente máxima que pueden soportar es de 16 A en un corto tiempo, por lo general, se debe mantener una corriente entre 10 y 13 A para evitar cualquier sobrecalentamiento. Esta opción es válida para pequeños vehículos eléctricos (referencia Renault Twizy), motocicletas eléctricas y Bikes (Smart Wallboxes, 2022).

Conector tipo 1(SAEJ1772): Este conector fue creado en Japón. Es utilizado en los mercados de asiáticos y americanos. Está conformado por cinco pines en donde dos de ellos son el control piloto (sirve para garantizar la correcta conexión de V.E a la red de recarga) y los otros tres son fase, neutro y tierra. El componente es diseñado para sistemas monofásicos de 120V o 240 V, 32 A y hasta 7,2 kW.

Conector tipo 2 (IEC 62196-2): Es también conocido como conector mennekes, es utilizados en los mercados de Europa. Está conformado por siete pines dos más que el conector tipo 1, esto se debe a que se puede realizar conexión trifásica, entonces 3 pines son de fase, uno de neutro, tierra y los otros dos para el control piloto. Para sistemas trifásicos de hasta 500 V/63 A y 250V/70 A monofásico. Puede brindar en las dos conexiones hasta 43kW. Este tipo de conectores es empleado en países como Reino Unido, Alemania e Italia (Smart Wallboxes, 2022).

Conector CHAdeMo: Fue diseñado en Japón. Este conector trabaja para recargas rápidas en DC. Está conformado por cuatro pines de señal analógica, dos de señal digital y un pin de tierra. Puede brindar hasta 400kW (CHAdeMO,2019). Este tipo de conector empieza hacer utilizado para Europa y Norteamérica.

Por consiguiente, puede soportar 126 A con una potencia de 50kW.

Conector Combo-CSS: Es un conector que puede trabajar para hacer recargas de modo lento, semi-rápido o rápido. Está conformado por siete pines y su tensión debe ser continua. De esta manera se presenta como un conector tipo combo uno SAE J1772 con la carga DC y otro conector tipo Mennekes con carga DC. Bajo esta tipología se logra cargas hasta 90kW. IEC 62196 (Smart Wallboxes, 2022).

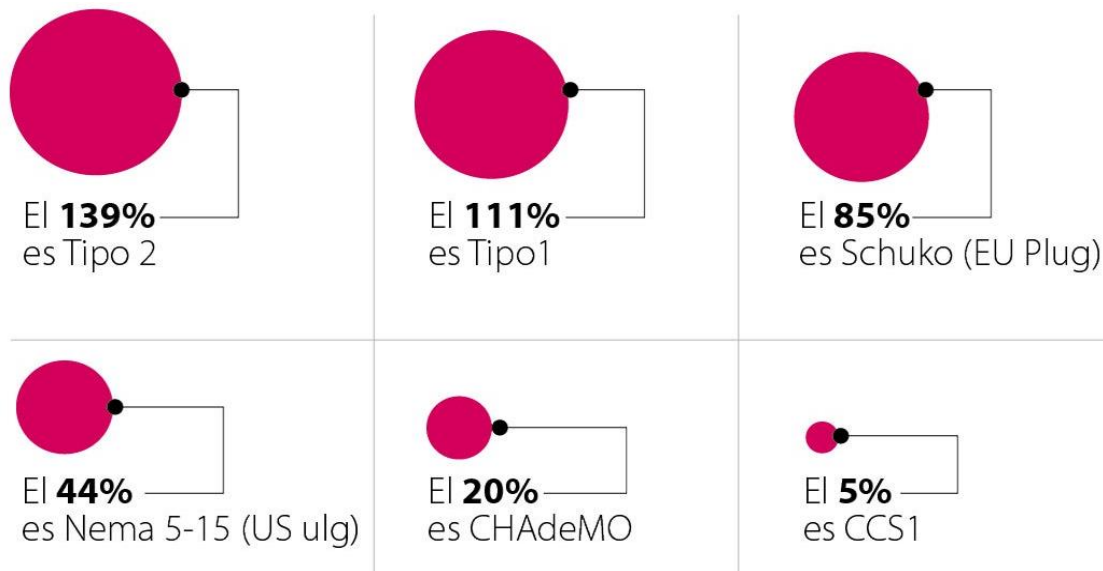
Tesla: La marca Tesla tiene su propio conector para los vehículos eléctricos, funciona tanto AC como DC, también tiene adaptadores para otros tipos de conectores dependiendo del país donde se venda el vehículo. Su despliegue ha sido a nivel de Estados Unidos y Europa (Smart Wallboxes, 2022).

Figura 10. Esquema con los Tipos de Conectores



Nota: Enel (Green Power). (2019). *Las energías renovables para la transición energética*

En Colombia hay más de 209 electrolinerías para el país, que cuentan con 489 conectores, de los cuales los más utilizados son: type 2, type1 (SAEJ1772), Shuko (EU Plug), NEMA 5-15 (us Plug) y CHAdeMO (La República, 2022).

Figura 11. Clase de Conectores en Colombia

Nota: La República. (julio de 2022). *El mercado colombiano necesita recargarse de electrolineras.* Obtenido de [https://www.larepublica.co/especiales/inversion-en-infraestructura/el-mercado-colombiano-necesita-recargarse-de-electrolineras-](https://www.larepublica.co/especiales/inversion-en-infraestructura/el-mercado-colombiano-necesita-recargarse-de-electrolineras-3411113#:~:text=De%20acuerdo%20con%20el%20Ministerio,44%20y%2033%2C%20respectivamente%E2%80%9D)

3411113#:~:text=De%20acuerdo%20con%20el%20Ministerio,44%20y%2033%2C%20respectivamente%E2%80%9D

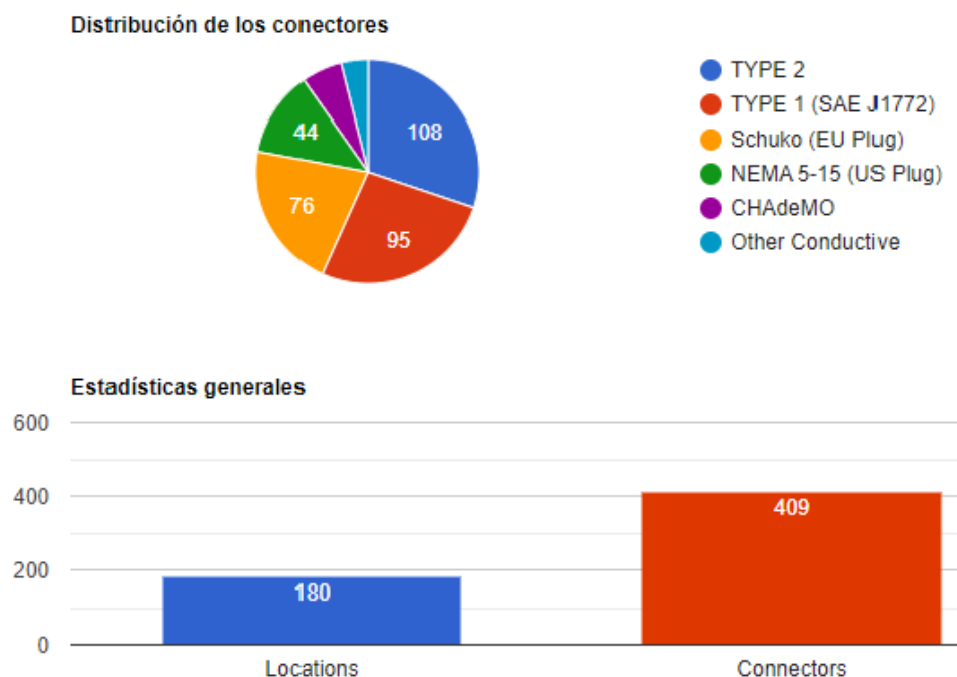
2.4.3. Electrolineras en Colombia

Electromaps es una aplicación creada para buscar la ubicación de los servicios de recarga (electrolineras) para los vehículos eléctricos, en dónde muestra información general del punto de recarga. Según electromaps y de acuerdo con el Ministerio de Minas y Energía, en 2021 Colombia contaba con 119 estaciones de carga para vehículos eléctricos, 259 cargadores y 405 conectores, en total,

Las cuales se encuentran en 15 departamentos y Bogotá, siendo Antioquia y la capital del país los que más tienen, con 44 y 33, respectivamente y esas estaciones tienen seis prototipos de conectores para esos automóviles. Como se muestra en la siguiente imagen

(La República, 2022)..

Figura 12. Porcentaje de Tipos de Conectores



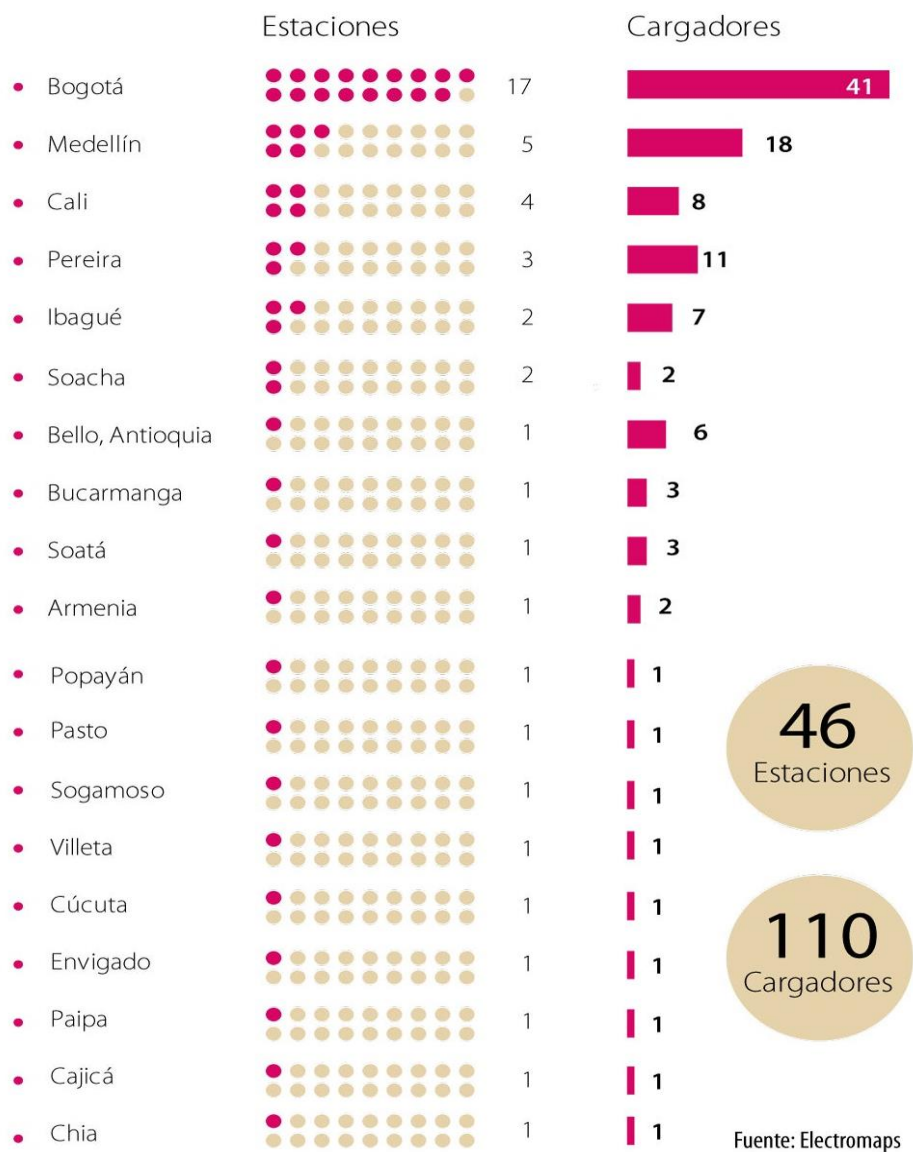
Nota: Nota: La República. (julio de 2022). *El mercado colombiano necesita recargarse de electrolineras.* Obtenido de <https://www.larepublica.co/especiales/inversion-en-infraestructura/el-mercado-colombiano-necesita-recargarse-de-electrolineras-3411113#:~:text=De%20acuerdo%20con%20el%20Ministerio,44%20y%2033%2C%20respectivamente%E2%80%9D>

En Colombia, la movilidad eléctrica ha tenido un gran avance desde los diferentes de vehículos de cero emisiones que están disponibles en Colombia hasta las diferentes empresas privadas y públicas que quieren invertir en estaciones de recarga eléctrica, las cuales, van lograr una gran cobertura a nivel nacional. Las empresas involucradas son las siguientes: (La República, 2022).

- Terpel Voltex

- EMP
- Celsia
- Enel X
- Essa
- EDEQ

Figura 13. Ciudades con más Electrolineras



Nota: Electromaps.

2.4.3.1 Ubicación de Electrolineras en Bogotá. El sitio web Electromaps, da la información que hasta el momento (2022) hay 210 puntos de recarga en funcionamiento a nivel nacional, los cuales, cuentan con un total de 491 conectores. Los usuarios tienen acceso a conectores Type 2, Type 1(SAEJ1772), Schuko(EU PLUG),NEMA 5-15(US Plug),CHAdemo y CCS1. La ciudad con más puntos de recarga es Bogotá, seguida de otras principales como Medellín, Cali y en el Eje Cafetero hay nuevas locaciones.

En términos de consumo, el costo de una recarga dependerá del tamaño de la batería del carro. En las de 30kWh, la energía utilizada en una recarga equivale a una “tanqueda” lo que estaría en un rango de precio entre los \$15.000 y \$19.000 pesos COP (Renting Colombia, 2019).

En el X instaló la segunda estación de recarga, la cual, se inauguró el 19 de agosto del 2021, ubicada en Unicentro de Bogotá. Esta electrolinera cuenta con ocho puntos de recarga y ocho celdas de parqueo. Los cargadores que tiene disponible son: cuatro juicebox de 7[kW] y tres cargadores rápidos uno de 43kW, 50 kW y el otro de 150 kW (este tipo de cargador es instalado en los patios de recarga para los buses eléctricos del sistema público). Los conectores son tipo 1, tipo 2, Chademo, AC y GBT.

La estación de Enel X ubicada en la entrada número 1 del centro comercial, la cual cuenta con una toma Schuko y dos cargadores adicionales: un JuiceBox de 10 kW y un equipo de 43 kW. En conclusión, los usuarios pueden acceder a un total de 11 puntos de recarga en Unicentro, siendo cuatro de ellos rápidos (permite recargar los automóviles en máximo dos horas) (Enel (Green Power), 2019).

2.4.3.2 Ubicación de Electrolineras en Bucaramanga. La ciudad de Bucaramanga puso en servicio su primera eco-estación o estación de recarga para carros eléctricos en marzo de 2019, ubicada en la calle 45 con carrera 21, en la estación de servicio San Jorge del centro de la ciudad (Restrepo Mantilla, 2019).

En la actualidad la ciudad de Bucaramanga cuenta con tres estaciones de vehículos eléctricos ubicados la primera en la calle 45 con carrera 21 (estación ESSA) la segunda en la calle 18 con carrera 20 (estación Aladdin Cargo) y la tercera ubicada en el centro comercial cacique (Estación de carga de vehículos eléctricos) Fuente Google.

Figura 14. *Primera Eco-estación en Servicio de Bucaramanga*



Nota: Restrepo Mantilla, O. J. (2019). *Bucaramanga entra a la era de los carros eléctricos:*

Primera eco-estación en servicio. Obtenido de

<https://www.elcarrocolombiano.com/noticias/bucaramanga-entra-a-la-era-de-los-carros-electricos-primera-eco-estacion-en-servicio/>

3. Marco Regulatorio

3.1 Ley 1964 de 2019 y Ley 2099 de 2021

La Ley 1964 fue expedida el 11 de julio de 2019 con el fin de promover el uso de vehículos eléctricos en Colombia en miras de reducir las emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero.

3.1.1 Definición

Teniendo en cuenta el artículo 2 de la ley 1964 del 11 de julio de 2019 donde se interpreta y se aplica las siguientes definiciones como movilidad sostenible, vehículo eléctrico, estación de carga lenta y rápida, vehículo de cero emisiones.

3.1.2 Movilidad Sostenible

Se referencia y se entenderá por movilidad sostenible aquella que es capaz de satisfacer las necesidades de la sociedad de moverse libremente, acceder, comercializar o establecer relaciones sin sacrificar otros valores humanos ecológicos básicos actuales o futuros.

Es decir, debe incluir principios básicos de eficiencia, seguridad, bienestar y salud.

3.1.3 Vehículos Eléctricos

Esto para los vehículos eléctricos que son impulsados exclusivamente por uno o más motores eléctricos, que obtienen corriente de un sistema de almacenamiento de energía recargable, como baterías, u otros dispositivos portátiles de almacenamiento de energía eléctrica.

3.1.4 Estaciones de Carga Rápida

Sistema que provee energía para la carga rápida de las baterías de vehículos eléctricos y que cuenta con una potencia de salida superior a 50 kilovatios.

3.1.5 Estación de Carga Lenta

Equipo que provee energía para la carga lenta de baterías de vehículos eléctricos y que tiene una potencia de salida entre 7 kilovatios y 49 kilovatios.

3.1.6 Impuesto sobre Vehículos Automotores

Dicha ley se refiere a Impuesto sobre vehículos automotores menciona que, para los vehículos eléctricos, las tarifas aplicables no podrán superar en ningún caso, el uno por ciento (1%) de valor comercial del vehículo.

3.1.7 Descuento sobre la Revisión Técnico-Mecánica y Emisiones Contaminantes

Se obtendrán descuentos según lo adscrito el artículo 4 sobre revisión técnico-mecánica y de emisiones contaminante, el cual se establecerá teniendo en cuenta que estos vehículos eléctricos tienen un equipamiento tecnológico diferente y no genera emisiones de gases contaminante, las compañías aseguradoras y del sector cooperativo establecen un diez (10%) en las primas de los seguros SOAT (seguro obligatorio de accidentes de tránsito).

3.1.8 Incentivos al uso de Vehículos Eléctricos y de Ceros Emisiones Otorgados por Parte de las Entidades Territoriales

Esta ley dará incentivos al uso de vehículos eléctricos y de zeros emisiones otorgados por parte de las entidades territoriales según lo estipulado en el artículo 5, donde se podrá desarrollar, promover y ofertar la adopción de esquemas de incentivos económicos para impulsar la movilidad eléctrica a nivel territorial tales como descuentos sobre el registros o impuesto vehicular o exenciones tributarias.

3.1.9 Restricción a la Circulación Vehicular

Unos de los grandes beneficios de esta ley es que los vehículos eléctricos y de zeros emisiones estarán exentos de las medidas de restricción a la circulación vehicular en cualquiera de

sus modalidades que la autoridad de tránsito local disponga, excluyendo aquellas que se establezcan por razones de seguridad según el artículo 6 de la presente ley.

3.1.10 Iniciativa Pública de Uso de Vehículos Eléctricos

Dentro de los seis (6) a la entrada en vigor de la presente ley, el Gobierno Nacional en su conjunto los municipios de categoría 1 y Especial exceptuando la ciudad de Tumaco y Buenaventura y los prestadores del servicio público de transporte deberán cumplir con una cuota mínima del treinta por ciento de vehículos eléctricos que anualmente sean comprados o contratados para su uso, teniendo en cuenta las necesidades de cada entidad y la infraestructura con que se cuente.

La anterior disposición sólo aplicará para los segmentos de vehículos eléctricos que para la fecha en que se compren o contraten, tengan una oferta comercial en Colombia, será la entidad encargada de hacer seguimiento y control al cumplimiento del presente artículo será La Contraloría General de la República.

3.1.11 Incentivos

También abra incentivos a las ciudades que cuenten con Sistemas de Transporte Masivo deberán implementar políticas públicas y acciones tendientes a garantizar que un porcentaje de los vehículos utilizados para la operación de las flotas, sean eléctricos o de cero emisiones contaminantes cuando se pretenda aumentar la capacidad transportadora de los sistemas.

De acuerdo con el siguiente cronograma: A partir de 2025, mínimo el diez (10) por ciento de los vehículos adquiridos. A partir de 2027, mínimo el veinte (20) por ciento de los vehículos adquiridos. A partir de 2029, mínimo el cuarenta (40) por ciento de los vehículos adquiridos. A partir de 2031, mínimo el sesenta (60) por ciento de los vehículos adquiridos. A partir de 2033, mínimo el ochenta (80) por ciento de los vehículos adquiridos. A partir de 2035, mínimo el cien

(100) por ciento de los vehículos adquiridos.

3.1.12 Disposición y Cumplimientos

La disposición y cumplimiento del presente artículo se hará sin perjuicio de lo establecido en la Ley 80 de 1993, en particular con los principios de selección objetiva.

3.2 Ley 2099 de 2021

La presente Ley 2099 de 2021 tiene por objeto la modernización de la legislación vigente en materia de transición energética, la promoción de fuentes no convencionales de energía y la reactivación económica del país mediante el fortalecimiento de los servicios públicos de energía eléctrica y gas combustible.

3.2.1 Estaciones de Carga Rápida

Dentro de los tres (3) años siguientes a la entrada en vigor de la presente ley, los municipios de categoría especial, excluyendo de estos a Buenaventura y Tumaco, podrán garantizar que existan en su territorio, como mínimo, cinco (5) estaciones de carga rápida en condiciones funcionales para Estaciones de carga rápida.

Para el cumplimiento de la meta establecida en este artículo, se tendrán en cuenta las estaciones operadas por privados pero puestas al servicio del público en general.

En el mismo período de tiempo, Bogotá, D. C., deberá garantizar que existan como mínimo, veinte (20) estaciones de carga rápida en condiciones funcionales, La baja oferta de vehículos eléctricos no podrá ser una causal que exima a los municipios de cumplir la anterior disposición.

La instalación de las estaciones de carga rápida es responsabilidad de los municipios. Sin embargo, el funcionamiento de estas será garantizado por las respectivas empresas de energía que prestan el servicio a cada municipio, En concordancia con el objeto de la presente ley, los

municipios quedarán facultados para desarrollar infraestructura de recarga de vehículos eléctricos en su espacio público.

El Gobierno Nacional en cabeza del Ministerio de Minas y Energía, reglamentará las condiciones necesarias para que en las estaciones de recarga de combustible fósil se pueda ampliar la oferta de servicios al incluir puntos de recarga para vehículos eléctricos.

Todas las empresas importadoras de vehículos eléctricos o híbridos deben garantizar el importe de autopartes y repuestos para los vehículos de estas características, El Gobierno Nacional a través del Ministerio de Transporte y el Ministerio de Comercio reglamentarán la medida.

3.2.2 Disposición de la Presente Ley

La presente Ley rige a partir de su promulgación y deroga todas las disposiciones que le sean contrarias.

3.2.3 Transporte Terrestre Automotor de Carga y Público de Pasajeros

El Gobierno nacional adoptará programas para promover la masificación del uso de vehículos de bajas y cero emisiones en el transporte terrestre de carga y pasajeros, masivo e individual, cuando se requiera el reemplazo de vehículos o aumento de capacidad transportadora.

Como medida transitoria, para reducir la dependencia de combustibles líquidos fósiles, se promoverá el uso de vehículos dedicados a gas combustible en automotores de transporte terrestre de pasajeros y de carga.

3.2.4 Costos Asumidos

Las empresas prestadoras del servicio de energía deberán asumir los costos asociados a la adquisición, instalación, mantenimiento y reparación de los medidores inteligentes de los que tré.'- lta la presente ley. De ninguna manera este costo podrá ser trasladado al usuario en la facturación o cualquier otro medio.

3.2.5 Vehículo de Servicio Oficial

Vehículo automotor destinado al servicio de entidades públicas.

3.2.6 Vehículo de Servicio Particular

Vehículo automotor destinado a satisfacer las necesidades privadas de movilización de personas, animales o cosas.

3.2.7 Vehículo de Servicio Público

Vehículo automotor homologado, destinado al transporte de pasajeros (individual o colectivo), carga o ambos por las vías de uso público mediante el cobro de una tarifa, porte, flete o pasaje. Puede ser un vehículo de tipo férreo.

3.2.8 Vehículo de Transporte Masivo

Vehículo automotor para transporte público masivo de pasajeros, cuya circulación se hace por carriles exclusivos e infraestructura especial para acceso de pasajeros. Incluye el transporte férreo.

3.2.9 Vehículo 100% Eléctrico

Vehículo impulsado exclusivamente por uno o más motores eléctricos, que obtienen corriente de un sistema de almacenamiento de energía recargable, como baterías u otros dispositivos portátiles de almacenamiento de energía eléctrica, o que obtienen la corriente a través de catenarias u otros medios de conducción de energía. Estos vehículos no cuentan con motores de combustión interna o sistemas de generación eléctrica a bordo como medio para suministrar energía eléctrica. No se consideran objeto de los incentivos aquellos que hayan sido sometidos a modificaciones después de su comercialización o nacionalización por parte del representante de la marca o sus concesionarios para que funcionen como vehículos eléctricos.

3.2.10 Vehículo Híbrido

Vehículo que ha sido diseñado y fabricado para funcionar alternada o simultáneamente, mediante la combinación de un motor eléctrico y un motor de combustión interna ciclo Otto o ciclo Diésel.

Pertenecen a esta categoría los vehículos híbridos en serie, híbridos en paralelo, híbridos convencionales (HEV) e híbridos enchufables (PHEV).

Para efectos de la presente resolución solo son objeto de los incentivos los vehículos híbridos nuevos que hayan sido diseñados y fabricados para funcionar como vehículos híbridos. No se consideran objeto de los incentivos aquellos que hayan sido sometidos a modificaciones después de su comercialización o nacionalización por parte del representante de la marca o sus concesionarios para que funcionen como vehículos híbridos.

4. Dimensionamiento del Sistema FV-ON GRID a una Electrolinera

Se realiza el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para una empresa de transporte público (Transpiedecuesta), la cual, implementará buses eléctricos para su empresa. Para ello, requieren la instalación de una electrolinera. Por consiguiente, la electrolinera va estar alimentada por la red eléctrica y el sistema fotovoltaico conectado a la red.

En base a este dimensionamiento se efectúa el análisis del desempeño y la evaluación de los impactos negativos y positivos que genera la implementación de este SFV en una estación de recarga eléctrica. La tabla 3, presenta la información de la empresa de transporte público.

Tabla 3. Información para la Implementación de la Electrolinera

Comercial	Estación de recarga para vehículos eléctricos
Municipio	Piedecuesta-Santander
Lugar	Transpiedecuesta
Edificación	Bodegas con cubierta metálicas

En la Figura.15 se encuentra el establecimiento donde va estar ubicado el sistema fotovoltaico.

Figura 15. Ubicación de la Empresa Contratista (Transpiedecuesta)



A continuación, se realiza el estudio del cuadro de cargas para determinar la demanda de energía necesaria para abastecer la electrolinera. En la tabla 4, se muestra las cargas que se instalarán en el sistema y la energía que va a consumir.

Tabla 4. *Cuadro de Cargas*

Cuadro de Cargas					
Equipo(cargador)	Cantidad	Potencia[kW]	Horas	Energía [kWh]/ día	Energía [kWh]/ mes
Cargador rápido	3	50	9	1350	41850
Cargador-para buses eléctricos	1	150	9	1350	41850

A partir de la capacidad instalada y del modelo de panel fotovoltaico, se determina el número de módulos y la capacidad del inversor necesario para generar el 50% y el 100% de la demanda.

Para obtener la carga instalada (kWp), se tiene en cuenta los siguientes parámetros:

- Energía[kWh/día]
- Demanda= Energía[kWh/día]* 1,20
- Horas solares pico(HSP): En Bucaramanga es de 5.22
- Capacidad instalada[kWp]:

$$CI[kWp] = Demanda/HSP$$

Ecuación 1

- El panel fotovoltaico elegido: Monocristalino PERC Ecogreen
- Número de módulos:

$$\# \text{ de módulos} = \frac{CI[Wp]}{Potencia \text{ panel}[W]}$$

Ecuación 2

Para la elección del inversor y el esquema de conexión de los paneles, se tiene en cuenta las siguientes condiciones:

- La tensión de vacío del panel multiplicada por el número de paneles. No debe pasar la tensión máxima del inversor.
- El cálculo del inversor es la carga total multiplicada por un sobredimensionamiento (1,20).
- La potencia de todo el sistema se obtiene multiplicando la potencia del inversor por el número de inversores.
- Para el total de paneles del sistema es el número de inversores de cada arreglo multiplicado por el número de paneles en serie.

En la tabla 5, se muestran los valores de capacidad Instalada y las características de los componentes que se van a utilizar.

Tabla 5. *Generación/Consumo de Carga*

	Generación/Consumo de carga	
	50%	100%
CI (kWp)	310.345	620.690
Modelo panel FV	Monocristalino PERC Ecogreen	
Potencia panel(W)	550	550
# paneles FV	564.263	1128.527
Modelo inversor	Fronius Primo 10 KVA 208-240 Webservice	
Potencia inversor (kW)	15	15
# Inversor(es)	29	57

Generación/Consumo de carga	
	50%
	100%
Esquema de conexión paneles FV	Se realiza la conexión de 29 arreglos, cada arreglo tiene 20 paneles FV serie y a su vez estos 29 arreglos se conectan en paralelo, para cada uno de estos arreglos cumpla con la capacidad instalada
	Se realiza la conexión de 57 arreglos, cada arreglo tiene 20 paneles FV serie y a su vez estos 57 arreglos se conectan en paralelo, para cada uno de estos arreglos se utilizó un inversor

4.1 Datos Técnicos del Proyecto

La tabla 5, muestra los datos técnicos para una capacidad instalada de 310.345 [kWp], la cual equivale al 50% de generación.

- 50%- se instala 15 paneles de más- para generar 124.555 kW
- 100%-se instala 11 paneles de más-para generar 234.31 kW

Tabla 6. Datos Técnicos para el 50% de Generación

Atributo	Detalle
Ubicación	TransPiedecuesta, Santander
Emplazamiento	Estación de recarga eléctrica
Utilidad	Autogeneración
Conexión paneles FV	29 serie 10*1 – 10*1
Modelo del panel FV	Monocristalino PERC Ecogreen
Potencia por panel FV	550 W
Cantidad de paneles FV	580
Modelo del inversor	Inversor Fronius Primo 10 KVA 208-240 Webservice
Cantidad de Inversores DC/AC	29
Capacidad instalada en DC	310.345 kWp

Atributo	Detalle
Energía generada promedio mes	41850 kWh/mes
Estructura de soporte	Aluminio anodizado
Sistema de acumulación (Baterías)	No
Monitoreo en tiempo real	No

La tabla 7, muestra los datos técnicos para una capacidad instalada de 620.690[kWp], la cual equivale al 100% de generación.

Tabla 6. Datos Técnicos para el 100% de Generación

Atributo	Detalle
Ubicación	Piedecuesta, Santander
Emplazamiento	Estación de recarga eléctrica
Utilidad	Autogeneración
Conexión paneles FV	57-Serie 10*1 – 10*1
Modelo del panel	Monocristalino PERC Ecogreen
Potencia por panel solar	550 W
Cantidad de paneles solares	1140
Modelo del inversor	Inversor Fronius Primo 10 KVA 208-240 Webservice
Inversores DC/AC	57
Capacidad instalada en DC	620.690 kWp
Energía generada promedio mes	83.700kWh/mes
Estructura de soporte	Aluminio anodizado
Sistema de acumulación (Baterías)	No

4.2 Detalles de Dimensionamiento

Este capítulo describe los detalles técnicos de los componentes, asimismo muestra el esquema de conexiones y el diagrama unifilar que se utilizaron para realizar el dimensionamiento del SFV.

4.3 Componentes Utilizados

En esta sección se muestran los datos que fueron utilizados para la selección e implementación de los componentes usados. Las tablas 7 y 8 describen los datos básicos para el panel FV y el inversor respectivamente. En la figura 2 se muestra una imagen de los componentes seleccionados.

Panel Fotovoltaico

Tabla 8. Datos de Placa-Monocristalino PERC Ecogreen

Pnom [W]	550
Voc [V]	49.68
Isc [A]	14.01
Vmpp [V]	40.98
Impp [A]	13.42
Eficiencia	21.28%
Dimensionamiento[mm]	2279x1134x35
Peso[kg]	29

Nota: Factorenergía. (sf). *Electrolineras: puntos de recarga para el coche eléctrico*

Inversor

Tabla 9. DataSheet Inversor Modelo Inversor Fronius Primo 10 KVA 208-240 Webservice

Número MPPT	2
Máx Potencia salida [kW]	9.995
Máx Potencia entrada [kW]	15
Voc [V]	60 - 1000
Isc [A]	49.5/27.0
Vmpp [V]	220 - 800
Eficiencia	96.5%

Nota: Portafolio. (2022). *El país tiene 119 electrolineras*

La tabla 10, describe la cantidad de paneles FV e inversores utilizados para el dimensionamiento del SFV.

Tabla 10. *Cantidad de Componentes Utilizados*

Capacidad instalada	Panel FV- Monocristalino PERC	Inversor modelo Inversor Fronius
	Ecogreen	Primo 10 KVA 208-240 Webservice
CI -50%	580	29
CI-100%	1140	57

4.3.1. Cálculo de Protecciones Eléctricas- Caso 50%-100%

Para el cálculo de las protecciones, se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

- Corriente de corto circuito del panel(I_{sc}):14.01[A]
- Tensión de vacío del pane(V_{oc}): 49.68[V]
- Número de paneles por arreglo en serie: 10
- Número de arreglos en paralelo:29
- Factor de corrección-Tensión: 1,20
- Factor de corrección-Corriente: 1,25

$$Tensión[V] = Voc * \# \text{ paneles} * \text{factor de corrección}$$

Ecuación 3

$$Corriente[A] = I_{sc} * \text{Factor de corrección}$$

Ecuación 4

Utilizando la ecuación 3 y 4, se obtiene los siguientes resultados:

Tensión= 596,16[V]

Corriente=17,51[A]

En la tabla 11, muestra los valores que deben tener las protecciones eléctricas

Tabla 11. *Parámetros de las Protecciones- 50% y 100%*

Protección	Tensión[V]	Corriente[A]
Fusible	900	20
Magnetotérmico	900	20
DPS	1000	-

Figura 16. *Componentes Seleccionados Panel Fotovoltaico & Inversor***Panel FV - Monocristalino PERC Ecogreen****Inversor modelo Inversor Fronius Primo 10 KVA****208-240 Webservice***Nota:* Solartex

En la tabla 7 y 8, se puede observar las fichas técnicas del panel FV y el inversor que serán utilizados.

4.4 Esquemas de Conexión en Paneles FV

Esta sección presenta el esquema de conexiones de paneles FV utilizados para las capacidades instaladas de 50% y 100% tomadas para este proyecto.

4.4.1 Capacidad Instalada 50%

En la figura 3 se muestra el arreglo de conexión de los paneles FV para capacidad instalada del 50%, en total se cuenta con 580 paneles solares monocristalinos que estarán distribuidos de la siguiente manera: 29 arreglos de conexión cada uno con 20 paneles solares conectados en serie a un inversor para cumplir la carga instalada de 310.345 kWp. Cada arreglo se conecta en paralelo para satisfacer la demanda de la carga. Las protecciones que va tener el sistema son las siguientes: 116 fusibles, uno por el lado positivo y el otro por el lado negativo de cada arreglo, 58 DPS, 58 protección de sobre corriente, medidor bidireccional y un tablero de carga que va conectado al inversor, medidor y la carga.

Figura 17. Esquema de conexión de los paneles FV para una capacidad instalada de 310.345 kWp.

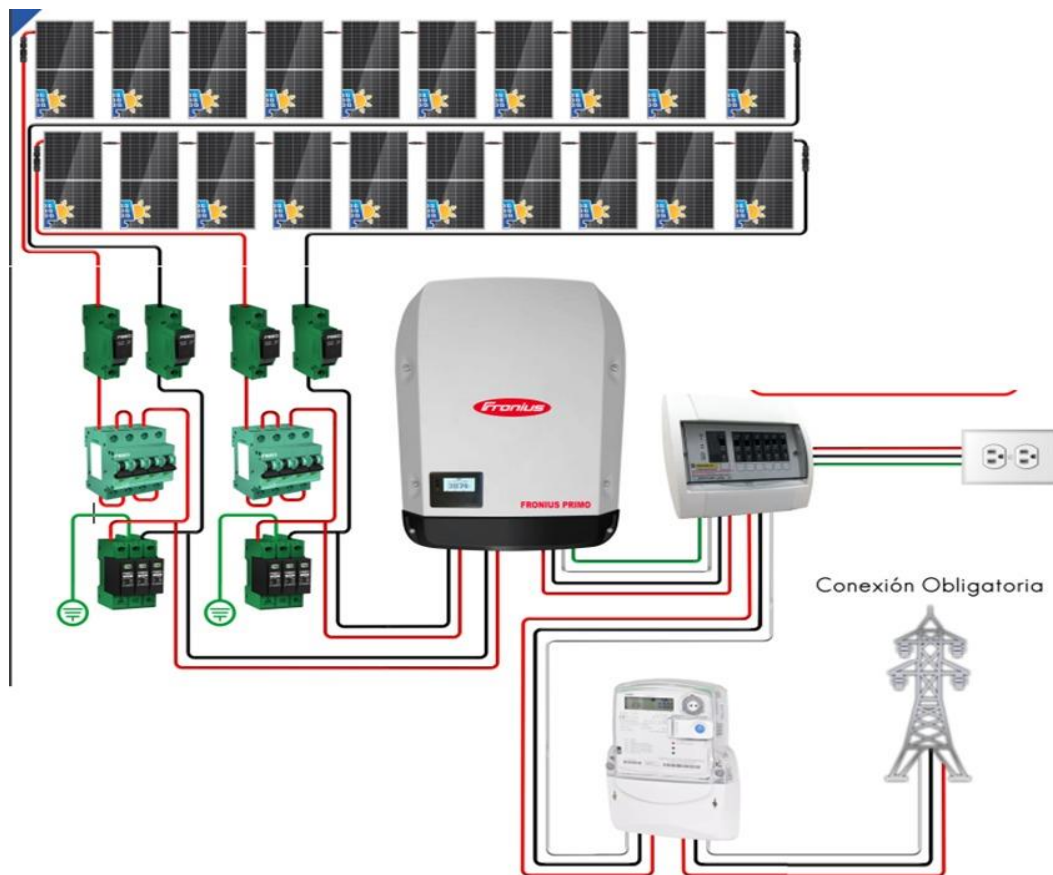


Figura 18. Arreglo de Conexión de Paneles Fotovoltaico

Nota: Solartex

4.4.2 Capacidad Instalada 100%

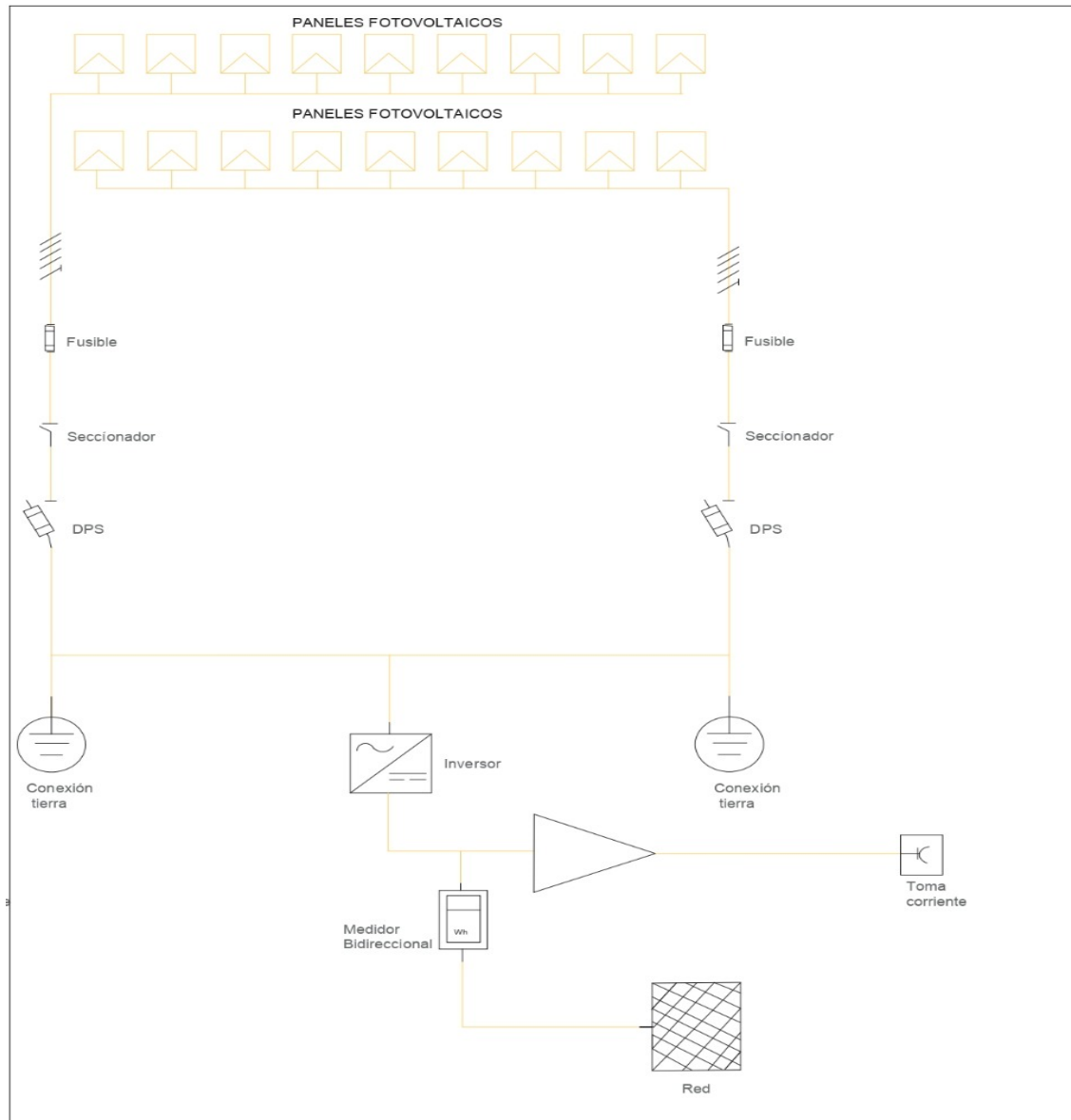
En la Figura se muestra el arreglo de conexión de los paneles FV para capacidad instalada del 50%, en total se cuenta con 1140 paneles solares monocristalinos que estarán distribuidos de la siguiente manera: 57 arreglos de conexión cada uno con 20 paneles solares conectados en serie a un inversor para cumplir la carga instalada de 620.690 kWp. Cada arreglo se conecta en paralelo para satisfacer la demanda de la carga. Las protecciones que va a tener el sistema son las siguientes: 228 fusibles, uno por el lado positivo y el otro por el lado negativo de cada arreglo, 116 DPS, 116 protección de sobre corriente, medidor bidireccional y un tablero de carga que va conectado al inversor, medidor y la carga.

4.5 Diagrama Unifilar del Sistema

Esta sección presenta los diagramas unifilares del sistema utilizados para las capacidades instaladas de 50% y 100% tomadas para este proyecto.

4.5.1 Diagrama Unifilar Capacidad Instalada 50%

Figura 19. Diagrama Unifilar del Sistema para CI-50%



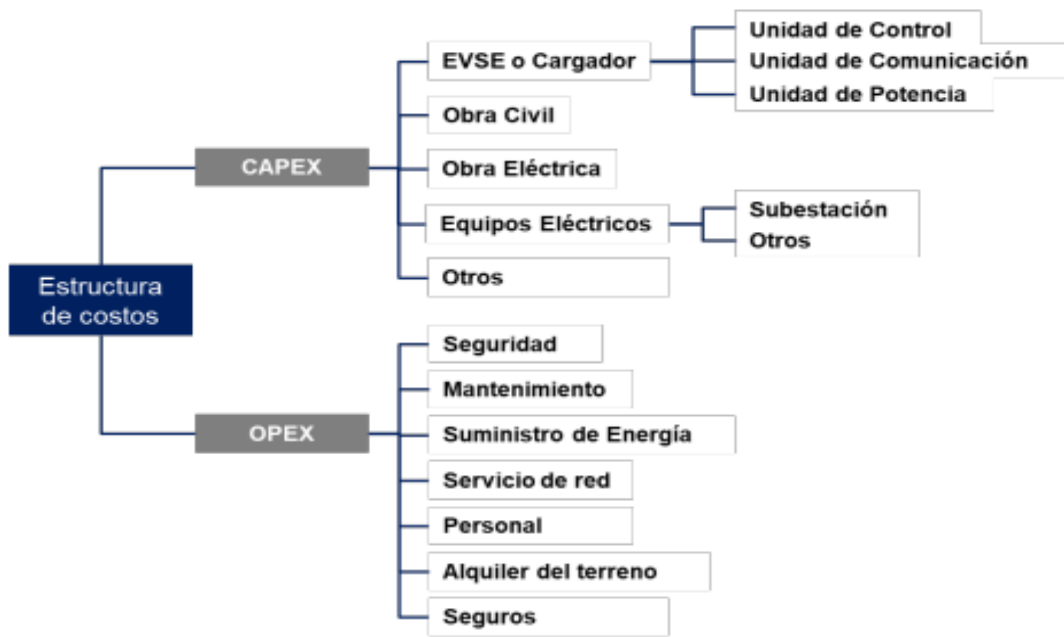
Fuente: Autores del proyecto

5. Presupuesto

5.1 Estructura de Presupuesto o Costos para las Estaciones de Carga (Electrolineras)

Los costos o presupuesto de una estación de recarga se dividen en costos de inversión - CAPEX del sistema y costos de operación - OPEX del proyecto. De acuerdo con el análisis de experiencias y lo manifestado por los diferentes actores participantes del negocio de recarga, la estructura de inversiones y costos de una estación de recarga se compone de los siguientes elementos principales: (Unidad de Planeación Minero y Energética (UPME), 2022)

Figura 20. Estructura de Costos para Estación de Carga para Vehículos Eléctricos



Nota: Unidad de Planeación Energética (UPME). (2015). *Plan energético nacional Colombia*:. IDEARIO ENERGÉTICO 2050

Si bien la estructura de costos presentada contempla la totalidad de elementos que eventualmente se requieren para la instalación y operación de una estación de recarga pública, éstos varían según el tipo de uso y lugar de instalación del punto de recarga: pública o privada,

residencial o comercial, compartida o exclusiva (Unidad de Planeación Minero y Energética (UPME), 2022).

La Tabla 12 describe los modelos y los valores unitarios de los componentes que caracterizan el SFV.

Tabla 12. *Costo Unitario Componentes SFV-50%*

Componente	Modelo	Vlr unitario
Paneles FV	- Monocristalino PERC Ecogreen	\$ 1,114,419
Soportes para paneles FV	Estructura metálica para montaje de paneles [580]	\$ 180,000
Inversor	Fronius Primo 10 KVA 208-240 Webservice [29]	\$ 9,860,000
Cableado DC	Cable Fotovoltaico 1260 mts-capacidad 20 [A] [29]	\$ 223,000
Protección - Sobrecorriente DC	Tipo Riel con Fusible 20A 1200V DC [1160]	\$ 69,300
Protección - Sobretensión DC	DPS 3P 1200V 20-40Ka FEEO [1160]	\$ 199,500
Medio de desconexión DC	Breaker FEEO 1200VDC 20 ^a [29]	\$ 199,000
Tablero	String box clamper 2 entrada 1 salida [29]	\$ 612,000
Medidor	Iskra MT-174-Trifásico / Directa [30]	\$ 748,000
Cargador de 50 kW		\$ 136,620,000
Equipos Eléctricos	Contador, Transformador de Distribución	\$ 185,000,000
Cargador de 150 kW	(Nicholas, EV Charging Cost in US, 2019)	\$ 133,400,000

Tabla 13. *Costo Unitario Componentes SFV-100%*

Componente	Modelo	Vlr unitario
Paneles FV	- Monocristalino PERC Ecogreen	\$ 1,114,419
Soportes para paneles FV	Estructura metálica para montaje de paneles [1140]	\$ 180,000
Inversor	Fronius Primo 10 KVA 208-240 Webservice [57]	\$ 9,860,000

Componente	Modelo	Vlr unitario
Cableado DC	Cable Fotovoltaico 1260 mts-capacidad 20 [A] [57]	\$ 223,000
Protección - Sobrecorriente DC	Tipo Riel con Fusible 20A 1200V DC [1160]	\$ 69,300
Protección - Sobretensión DC	DPS 3P 1200V 20-40Ka FEEO [1160]	\$ 199,500
Medio de desconexión DC	Breaker FEEO 1000VDC 20 ^a [114]	\$ 199,000
Tablero	String box clamper 2 entrada 1 salida [57]	\$ 612,000
Medidor	Iskra MT-174-Trifásico / Directa [57]	\$ 748,000
Cargador de 50 kW		\$ 136,620,000
Cargador de 150 kW	(Nicholas, EV Charging Cost in US, 2019)	\$ 345,000,000
Equipos Eléctricos	Contador, Transformador de Distribución	\$ 185,000,000

5.1.1 Inversión Inicial

Tabla 14. Inversión Inicial

INVERSIÓN INICIAL				CAPACIDAD INSTALADA (kWp)	
TIPO DE COSTO	CATEGORÍA		Vlr. Unitario	CI-50%	CI-100%
				310.345	620.69
Variable-Proporcional	Componente	Paneles FV-Monocristalino	\$ 1,114,419	580 \$ 646,363,020	1140 \$ 1,270,437,660
Variable-Proporcional	Componente	Soportes para paneles FV	\$ 180,000	580 \$ 104,400,000	1140 \$ 205,200,000
Variable- No Proporcional	Equipo	Inversor	\$ 9,860,000	29 \$ 285,940,000	57 \$ 562,020,000
Variable- No Proporcional	Componente	Ductería DC * 1 m	\$ 12,000	20 \$ 240,000	40 \$ 480,000
Variable- No Proporcional	Componente	Cableado DC * 20m-20 A	\$ 223,000	60 \$ 13,380,000	60 \$ 13,380,000
Variable- No Proporcional	Componente	Protección - Fúsbile	\$ 69,300	116 \$ 8,038,800	228 \$ 15,800,400
Variable- No Proporcional	Componente	Protección - Sobretensión DPS	\$ 199,500	58 \$ 11,571,000	116 \$ 23,142,000
Variable- No Proporcional	Componente	Protección - Sobrecorriente	\$ 199,500	58 \$ 11,571,000	116 \$ 23,142,000
Variable- No Proporcional	Componente	Medidor de desconexión DC	\$ 199,000	1 \$ 199,000	1 \$ 199,000
Variable- No Proporcional	Componente	Caragador de 50 kW	\$ 136,620,000	3 \$ 409,860,000	3 \$ 409,860,000
Variable- No Proporcional	Componente	Cargador de 150 Kw	\$ 345,000,000	1 \$ 345,000,000	1 \$ 345,000,000
Variable- No Proporcional	Componente	Equipos eléctricos	\$ 200,000	1 \$ 200,000	1 \$ 200,000
Variable- No Proporcional		Mano de obra eléctrica	\$ 17,000,000	1 \$ 17,000,000	1 \$ 17,000,000
Variable- No Proporcional	Otros	Mano de obra-civil	\$ 4,000,000	1 \$ 4,000,000	1 \$ 4,000,000
Fijo	Componente	Tablero	\$ 612,000	1 \$ 612,000	1 \$ 612,000
Fijo	Equipo	Medidor	\$ 748,000	1 \$ 748,000	1 \$ 748,000
Fijo	Certificado	Inspectoria RETIE	\$ 1,000,000	1 \$ 1,000,000	1 \$ 1,000,000
		Subtotal		\$ 1,860,122,820	\$ 2,892,221,060
		AIU 19%		\$ 353,423,336	\$ 549,522,001
		TOTAL		\$ 2,213,546,156	\$ 3,441,743,061
				\$/Wp instalado	\$ 7,132.53
					\$ 5,545.03

6. Análisis Comparativo del Suministro de Energía Mediante un Sistema Fotovoltaico ON GRID y un Sistema Convencional Conectado Totalmente a la Red a una Electrolinera

Metrobus (Bus Eléctrico)-Ebus andino

Tabla 15. Características del Bus Eléctrico

Tipo	Ebus-Andino 12
Potencia- max	150 kW x2
Torque-max	550 Nm x2
Voltaje de operación	540[V]
Batería	324 kWh
Tiempo de carga	4 horas
Capacidad	160 pasajeros
Enfriamiento	Agua

En la Figura 21, se observar el precio por kWh, según el estrato y el tipo de consumidor (ESSA, 2022).

Figura 21. Tarifas por kWh

TARIFAS RESIDENCIALES								
ESTRATO		1		2		3		4
PROPIEDAD ACTIVOS	NIVEL MEDIDA	% SUBSIDIO	TARIFA \$/kWh	% SUBSIDIO	TARIFA \$/kWh	% SUBSIDIO	TARIFA \$/kWh	TARIFA \$/kWh
ESSA	I	-59.83%	320.3197	-49.79%	400.3996	-15.00%	677.8312	797.4485
CLIENTE	I	-59.83%	289.7026	-49.79%	362.1283	-15.00%	613.0422	721.2261
COMPARTIDA	I	-59.83%	305.0111	-49.79%	381.2639	-15.00%	645.4367	759.3373
Nota: El subsidio es aplicado hasta el consumo de subsistencia.								
TARIFAS RESIDENCIALES				TARIFAS NO RESIDENCIALES				
ESTRATO		5 y 6		COMERCIAL / INDUSTRIAL		ACUEDUCTOS. ESP		OFICIAL
PROPIEDAD ACTIVOS	NIVEL MEDIDA	% CONTRIB.	TARIFA \$/kWh	CONTRIB. 20%	TARIFA \$/kWh	CONTRIB. 10%	TARIFA \$/kWh	TARIFA \$/kWh
ESSA	I	20.00%	956.9382	159.4897	956.9382	79.7448	877.1933	797.4485
CLIENTE	I	20.00%	865.4713	144.2452	865.4713	72.1226	793.3487	721.2261
COMPARTIDA	I	20.00%	911.2048	151.8675	911.2048	75.9337	835.2710	759.3373
	II			131.2244	787.3465	65.6122	721.7343	656.1221
	III			108.0342	648.2053	54.0171	594.1882	540.1711
	IV			99.4025	596.4149	49.7012	546.7136	497.0124
COMPONENTES DEL COSTO UNITARIO VARIABLE Y FIJO DE PRESTACION DEL SERVICIO (CU) según Res. CREG 119/2007								
Conforme con las resoluciones CREG 180/14, 015/16 y 019/18 el valor (Cfm,) que aplica para el mes de septiembre de 2022 es 8029.52 \$/factura								

Nota: ESSA. (2022). Fórmula tarifaria y tarifas. Obtenido de <https://www.essa.com.co/site/mi-factura/formula-tarifaria-y-tarifas>

A continuación, la energía total que la electrolinera consume en el mes y el coste.

Tabla 16. *Energía Total de Consumo por la Electrolinera*

Energía [kWh/día]	2700
Energía [kWh/mes]	83700
Precio [kWh/ día]	865,4713
Coste [\$ /kWh-día]	2.336.772
Coste[\$/kWh-mes]	72.439.947

Con la energía que necesita la electrolinera, al suministrar energía mediante un sistema fotovoltaico, este, no va a suministrar la energía planteada debido a que va a tener unas pérdidas por los siguientes factores:

- Factor de seguridad: Este porcentaje, tiene ver con la afectación directa al panel fotovoltaico como la suciedad, polvo y demás factores que afecta el funcionamiento del panel.
- Energía generada: Se tiene en cuenta la eficiencia de los equipos que componen el sistema
- Energía extra: cuando es un día nublado, afecta la generación del panel

El total de energía generada por el panel fotovoltaico es la siguiente:

Tabla 17. *Energía Generada por el Panel Fotovoltaico entre 50% y 100%*

	50%	100%
Energía [kWp]	310.345	620.690
Energía[kWp]-red	2389	2079
Ahorro [\$ / día]	268.594	537.189
Ahorro[\$/mes]	8.326.414	16.652.859

7. Conclusiones

- Los vehículos eléctricos se clasifican dependiendo de su velocidad y tiempo de carga. Para ellos, las baterías dependen de la energía que le suministre la electrolinera y de ahí se determina el tiempo que se demora en obtener su carga completa.

- El sistema de optimización con el 50% no es relevante para el despacho energético, ya que el precio por kWh es elevado. Para abastecer la demanda en su totalidad durante las 9 horas, la red eléctrica aporta con 2389 kW, la planta fotovoltaica con 310.345kW, con la inclusión de la generación distribuida se logró una disminución de 268.594 kW al día. Por consiguiente, el ahorro que obtiene en el mes la electrolinera al implementar sistemas fotovoltaicos on grid es de 8.326.414 col. Así mismo para que el sistema cubra el 100% de la demanda sería el doble de ganancia del sistema del 50%.

- Para el dimensionamiento y la instalación de una electrolinera es importante tener en cuenta la ubicación, debido, a que los vehículos eléctricos son cargas especiales (elementos electrónica de potencia) que pueden llegar a saturar la red, ocurra una caída de tensión y toda la zona se quede sin suministro eléctrico. Por eso, es importante suministrar energía mediante sistemas fotovoltaicos que ayudan a la demanda energética y al medio ambiente.

- Los Kwp que puede suministrar el sistema fotovoltaico cuando cubre un 50% de la demanda, tiene un ahorro al año del 99,916,968 pesos. Sin embargo, la inversión que requiere el sistema fv y la electrolinera es de 2.213.546.156. Por consiguiente, el cliente recuperará su inversión en 24 años, sin tener en cuenta las ganancias que obtiene por prestar el servicio de la estación de recarga para vehículos eléctricos. Cada kW tiene un coste de 4.238,07 pesos para su instalación. El aporte del sistema fotovoltaico reduce significativamente los costos, pero en este caso no sería viable la instalación de este sistema para estación de recarga rápida.

- *El consumo de un vehículo convencional depende de varios factores: la clase de vehículo, es estado, el estado de la carretera y la forma en la que se conduce. Si un vehículo conduce durante 4 horas, aproximadamente recorre 240 Km y necesita 7 galones de gasolina para abastecerse. El kWh para industria es de \$ 956 pesos, para un vehículo eléctrico que tiene un consumo de 324 kWh se gasta \$309.744 pesos para abastecerse y un vehículo convencional con el mismo tiempo de conducción se gasta \$67.060 pesos. Por consiguiente, se puede determinar la gran barrera que tiene esta nueva tecnología: el costo de los vehículos es elevado, su consumo es superior comparado con los vehículos convencionales y el mantenimiento requiere de equipos especializados.*

Recomendaciones

- *Para que la movilidad eléctrica tenga un gran crecimiento, se requiere que el precio por kWh sea más bajo para que pueda competir con los vehículos convencionales.*
- *El sistema fotovoltaico, es el sistema de generación más utilizado para el suministro de energía en viviendas, escuelas, estadios, etc, pero para las estaciones de carga eléctrica no es viable este tipo de suministro, debido a que la eficiencia de los paneles fotovoltaicos (15% a 20%) es baja, por consiguiente, para poder abastecer una electrolinera se requiere una gran inversión. Por consiguiente, es necesario aumentar la eficiencia de los paneles.*

Referencias Bibliográficas

- Carorce6. (2017). *Ranking de países con mayor capacidad de energía solar en 2021*. Obtenido de <https://www.catorce6.com/actualidad-ambiental/internacional/19298-ranking-de-paises-con-mayor-capacidad-de-energia-solar-en-2021>
- Creara Energy Experts. (16 de octubre de 2018). *Tipo de recarga para vehículos eléctricos*. Obtenido de <https://www.creara.es/post/tipos-recarga-coche-electrico/>
- Donado, A. (2021). *Tipos de baterías de los autos eléctricos*. Obtenido de <https://autosoporte.com/tipos-de-baterias-de-los-autos-electricos/>
- EFIMARKE. (2018). *Cómo seleccionar un inversor para instalación fotovoltaica*. Obtenido de <https://www.efimarket.com/blog/seleccionar-inversor-una-instalacion-fotovoltaica/>
- Enel (Green Power). (sf). *Las energías renovables para la transición energética*.
- Energía Fovoltaica-Esenergía. (sf). *La célula solar fotovoltaica*.
- ESSA. (2022). *Fórmula tarifaria y tarifas*. Obtenido de <https://www.essa.com.co/site/mi-factura/formula-tarifaria-y-tarifas>
- Factorenergía. (sf). *Electrolineras: puntos de recarga para el coche eléctrico*.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (sf). *Radiación solar*.
- La República. (julio de 2022). *El mercado colombiano necesita recargarse de electrolineras*. Obtenido de <https://www.larepublica.co/especiales/inversion-en-infraestructura/el-mercado-colombiano-necesita-recargarse-de-electrolineras-3411113#:~:text=De%20acuerdo%20con%20el%20Ministerio,44%20y%2033%2C%20respectivamente%E2%80%9D>
- Los Coches. (2022). *Cómo funciona un vehículo eléctrico*. Obtenido de

<https://loscoches.com/blog/como-functiona-un-vehiculo-electrico/>

Portafolio. (2022). *Colombia está a las puertas de llegar a los 1.000 buses eléctricos*. Obtenido de

<https://www.portafolio.co/economia/colombia-esta-a-las-puertas-de-llegar-a-los-1-000-buses-electricos-564453>

Portafolio. (2022). *Colombia llegará a 10000 a carros eléctricos en 2022*. Obtenido de

<https://www.portafolio.co/negocios/colombia-llegaria-10-000-carros-electricos-vendidos-para-final-de-2022-564190>

Portafolio. (2022). *El país tiene 119 electrolineras*.

Renting Colombia. (2019). *¿Qué es y cómo está la movilidad eléctrica en Colombia?* Obtenido de

<https://www.rentingcolombia.com/blog/vehiculos-electricos-y-movilidad-electrica>

Restrepo Mantilla, O. J. (2019). *Bucaramanga entra a la era de los carros eléctricos: Primera*

eco-estación en servicio. Obtenido de <https://www.elcarrocolombiano.com/noticias/bucaramanga-entra-a-la-era-de-los-carros-electricos-primera-eco-estacion-en-servicio/>

Semantic Scholar. (2012). Modelado y control de sistemas fotovoltaicos conectados a la red

eléctrica. <https://www.semanticscholar.org/paper/Modelado-y-control-de-sistemas-fotovoltaicos-a-la-Paja-Montes/6b74283b601af65028e2e3c90b8336560de14971>

Smart Wallboxes. (2022). *Los conectores de carga EV: toda la información que necesitas saber*.

Obtenido de <https://www.smartwallboxes.com/conectores-de-carga-ev/>

Tritec-Intervento. (sf). *Tipo de paneles fotovoltaicos*.

Unidad de planeación energética (UPME). (2015). *Plan energético nacional Colombia:.*

IDEARIO ENERGÉTICO 2050.

Unidad de Planeación Minero y Energética (UPME). (2022). *Informe de registro de proyectos de*

generación de energía.

Wakefield, E. (1994). *History of the Electric Automobile: Battery-Only Powered Cars.*

Warrendale, PA: Soc. Automotive Engineers,. Obtenido de

[https://www.amazon.com/History-Electric-Automobile-Battery-Only-](https://www.amazon.com/History-Electric-Automobile-Battery-Only-Powered/dp/1560912995)

[Powered/dp/1560912995](https://www.amazon.com/History-Electric-Automobile-Battery-Only-Powered/dp/1560912995)