



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE ELECTRICIDAD

**DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA
ELECTROLINERA EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Eléctrico

AUTORES: Jordan Steven Isbes Sánchez

Jairo Joel Ordoñez Gallo

TUTOR: Ing. Julio Silva

Guayaquil – Ecuador

2023


**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, Jordan Steven Isbes Sánchez con documento de identificación N.º 0928879600 y Jairo Joel Ordoñez Gallo con documento de identificación N.º 0924847429; manifestamos que:

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

Guayaquil, 25 de agosto de 2023

Atentamente,



Jordan Steven Isbes Sánchez

0928879600



Jairo Joel Ordoñez Gallo

0924847429

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

Nosotros; Jordan Steven Isbes Sánchez, con documento de identificación N.º 0928879600 y Jairo Joel Ordoñez Gallo con documento de identificación N.º 0924847429, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA ELECTROLINERA EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERO ELECTRICO, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Guayaquil, 25 de agosto del 2023

Atentamente;



Jordan Steven Isbes Sánchez

0928879600



Jairo Joel Ordoñez Gallo

0924847429

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Julio Manuel Silva Becherán, con documento de identificación N.º 0959623422, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA ELECTROLINERA EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, realizado por Jordan Steven Isbes Sánchez, con documento de identificación N.º 0928879600 y Jairo Joel Ordoñez Gallo con documento de identificación N.º 0924847429, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 25 de agosto del 2023

Atentamente,



Ing. Julio Manuel Silva Becherán

0959623422

DEDICATORIA

Este logro va dedicado a mis padres Walter Isbes y Adalguisa Sánchez quienes, con constante esfuerzo y perseverancia lograron sacarme adelante, ellos son mi alegría y el gran ejemplo de fuerza para seguir adelante día a día. A mi mejor amiga Madeleine Gutiérrez quien fue mi apoyo en momentos difíciles.

Jordan Steven Isbes Sánchez

Mi dedicatoria va en primer lugar a Dios, a quien agradezco por otorgarme la fortaleza necesaria para alcanzar este punto en mi camino. Dedico este trabajo con mucho amor a mis padres, cuyo apoyo incondicional, a pesar de la distancia, alivió cualquier sensación de soledad. A mi hermana, por ser una fuente inagotable de motivación en mi vida. A mis abuelitos, cuya guía y consejos siempre han iluminado mi camino. A mi enamorada, por ser un gran soporte y apoyo en los momentos buenos y también en los difíciles. Y, de manera especial, dedico este logro a Carmen Mazón, mi segunda madre, quien me acogió en mi niñez y ahora presencia con orgullo mi evolución hacia un profesional destacado.

Jairo Joel Ordoñez Gallo

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mis padres por el apoyo que me brindaron, por nunca dejarme solo, y siempre ayudarme a seguir adelante, por su esfuerzo importante para la formación personal y profesional en mi vida. Agradezco al Ing. Ervin Solano por ser la persona que nos apoyó y guio con mucho esfuerzo en nuestra carrera para la culminación de la misma.

Jordan Steven Isbes Sánchez

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a Dios por brindarme la oportunidad de alcanzar esta meta trascendental en mi vida. Mi gratitud hacia mis padres, cuyo apoyo inquebrantable y confianza constante han sido los pilares de mi éxito. A mis abuelitos queridos, quienes han sido como mis padres a lo largo de mi trayectoria. Asimismo, mi reconocimiento se dirige a toda mi familia cercana, ya que cada granito de arena aportado ha sido símbolo de fortaleza, apoyo, motivación y perseverancia en este recorrido.

Jairo Joel Ordoñez Gallo

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
INDICE DE ILUSTRACIONES	x
INDICE DE TABLAS.....	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
1 CAPITULO I.....	1
1.1 Título.....	1
1.2 Introducción.....	1
1.3 Problema de la investigación	2
1.4 Antecedentes.....	3
1.5 Justificación	5
1.6 Delimitacion.....	6
1.7 Beneficiarios de la propuesta	7

1.8	Objetivos de Investigación.....	7
1.8.1	Objetivo General.....	7
1.8.2	Objetivos Específicos	7
2	CAPITULO II MARCO TEORICO.....	9
2.1	Vehículos eléctricos	9
2.1.1	Tipo de vehículos eléctricos	10
2.1.2	Baterías	12
2.2	Electrolinera.....	16
2.2.1	Ventajas y desventajas de las electrolineras	17
2.2.2	Impacto de los vehículos eléctricos en las redes eléctricas	18
2.3	Electrolineras en América latina	19
2.3.1	Ecuador.....	20
3	CAPITULO III METODOLOGÍA.....	24
3.1	Análisis exploratorio.....	24
3.2	Ubicación geográfica	26
3.3	Situación demográfica	27
3.4	Infraestructura eléctrica	29
3.5	Requerimientos de la electrolinera.....	30
3.6	Descripción del Sistema funcional de la electrolinera.....	32
3.7	Alcance de una electrolinera.....	33
3.8	Sistema de conexión entre la electrolinera y el vehículo eléctrico	33
3.9	Diseño de la electrolinera.....	34

3.9.1	Requerimiento de potencia.....	35
3.9.2	Potencia de salida las estaciones de carga.....	36
3.9.3	Consumo de la electrolinera.....	36
3.9.4	Dimensionamiento de conductores.....	37
3.9.5	Ubicación de la estación de carga y disposición de los cargadores.....	43
3.10	Desarrollo de la infraestructura del sistema eléctrico.....	45
3.10.1	Interruptor General de Protección.....	46
3.10.2	Protección de media tensión.....	49
3.10.3	Protección de puesta a tierra.....	50
3.10.4	Geometría de la malla.....	52
4	RESULTADOS.....	55
4.1	Resultados obtenidos a partir de la simulación.....	55
4.1.1	Diseño de la electrolinera.....	56
4.2	Impacto del sistema conectado a la red de distribución.....	59
4.2.1	Medición de voltaje y corriente en la red de media tensión.....	59
4.2.2	Medición de voltaje y corriente con carga.....	61
4.2.3	Optimización de la calidad eléctrica.....	64
4.3	Carga de una batería mediante simulación.....	67
5	CONCLUSIONES.....	69
5.1	Conclusiones.....	69
5.2	Recomendaciones.....	70
6	BIBLIOGRAFIA.....	71

7	ANEXOS	79
---	--------------	----

INDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1.	Tipos de vehículos eléctricos	10
Figura 2.	Modos de carga	22
Figura 3.	Ubicación del Cantón Riobamba en el contexto global y local	26
Figura 4.	Parroquias urbanas de Riobamba	28
Figura 5.	Parroquia Lizarzaburu de Riobamba.....	28
Figura 6.	Parroquia Velasco de Riobamba	29
Figura 7.	Infraestructura eléctrica de la ciudad de Riobamba	29
Figura 8.	Red nacional de carga	30
Figura 9.	Proceso de una electrolinería	32
Figura 10.	Diagrama estableciendo las impedancias del sistema.....	40
Figura 11.	Geografía del lugar para la electrolinería.....	44
Figura 12.	Estacionamiento de la electrolinería	45
Figura 13.	Diagrama eléctrico de la electrolinería	46
Figura 14.	Malla de puesta a tierra	54
Figura 15.	Simulación en matlab de la electrolinería	58
Figura 16.	Onda de voltaje en media tensión sin carga.....	60
Figura 17.	Onda de corriente en media tensión sin carga.....	60
Figura 18.	Onda de voltaje de media tensión conectando carga	62
Figura 19.	Onda de voltaje de media tensión y distorsión armónica generada por la carga	62
Figura 20.	Onda de corriente de media tensión y distorsión armónica generada por la carga.....	63

Figura 21. Filtro RL para el sistema trifásico.....	64
Figura 22. Onda de voltaje de media tensión y distorsión armónica aplicada el filtro .	65
Figura 23. Onda de corriente de media tensión y distorsión armónica aplicada el filtro	66
Figura 24. Sistema de carga de un batería (SOC, Current, Voltage).....	68

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de las baterías eléctricas.....	13
Tabla 2: Comparación de alimentación de las baterías	15
Tabla 3: Ventajas y desventajas de las electrolinerías	17
Tabla 4: Métodos de carga de VE.....	18
Tabla 5: Avances de electrolinerías en América Latina [21].....	20
Tabla 6: Modos de carga.....	22
Tabla 7: Tipos de carga. [24]	23
Tabla 8: Potencia requerida por la electrolinería.....	35
Tabla 9: TABLA 310-60(c)(77) del NEC (detalle1),.....	39
Tabla 10: TABLA B.310.15(B)(2)(7) del NEC	40
Tabla 11: Factor k en función de la corriente nominal [42].	50
Tabla 12: Cálculo de resistividad	51
Tabla 13: Resistividad y coeficiente de temperatura de los materiales conductores [44].	52
Tabla 14: Características eléctricas vehículo Kia Soul EV	67

RESUMEN

El presente trabajo de titulación abordó el diseño de la instalación eléctrica de una electrolinera destinada a la ciudad de Riobamba. El enfoque principal se realizó a través de un análisis exhaustivo del sistema de recarga de vehículos eléctricos, destacando la implementación de dos puntos de carga que garantizaron la plena autonomía de los usuarios. Por consiguiente, se investigaron las características eléctricas predominantes y los distintos tipos de baterías empleados en vehículos eléctricos, priorizando el modelo más comúnmente empleado en la actualidad. En la etapa inicial, se llevó a cabo la identificación de las ubicaciones adecuadas para la instalación de la electrolinera, basándose en un análisis cuidadoso. Los parámetros eléctricos de la infraestructura existentes en dichas ubicaciones sirvieron de base para el diseño de los puntos de carga.

El proceso de diseño incluyó el cálculo de circuitos de media y baja tensión, junto con las protecciones correspondientes, utilizando un método de pronóstico de carga preciso. Se ha recurrido a terminología y definiciones extraídas de fuentes técnicas de gran relevancia para orientar el desarrollo del proyecto. Concluidos los cálculos teóricos relativos al dimensionamiento de conductores, la capacidad del transformador y las demandas totales de la electrolinera se procedió a verificar los resultados mediante la simulación en el software MATLAB, permitiendo evaluar el comportamiento en diversas condiciones de carga. Es de vital importancia subrayar que se observaron las normativas técnicas eléctricas vigentes, que desempeñan un papel fundamental en la implementación de mejoras a corto y largo plazo, asegurando así la funcionalidad, seguridad y eficiencia del proyecto a corto y largo plazo.

Palabras claves: MATLAB, Electrolinera, Diseño Eléctrico, Vehículos Eléctricos, Demanda de Carga.

ABSTRACT

The present graduation project addressed the design of the electrical installation for an electric vehicle charging station intended for the city of Riobamba. The main focus was carried out through a thorough analysis of the electric vehicle charging system, highlighting the implementation of two charging points that ensured full autonomy for users. Consequently, the predominant electrical characteristics and different types of batteries used in electric vehicles were investigated, prioritizing the most commonly used model today. In the initial stage, the suitable locations for the installation of the charging station were identified based on careful analysis. The electrical parameters of the existing infrastructure at these locations served as the basis for the design of the charging points.

The design process included the calculation of medium and low-voltage circuits, along with the corresponding protections, using an accurate load forecasting method. Terminology and definitions from highly relevant technical sources were used to guide the project's development. Once the theoretical calculations related to conductor sizing, transformer capacity, and total station demands were completed, the results were verified through simulation in MATLAB software, allowing for evaluation of behavior under various load conditions. It is of vital importance to emphasize that current electrical technical regulations were observed, playing a fundamental role in the implementation of short and long-term improvements, thus ensuring the functionality, safety, and efficiency of the project in both the short and long term.

Keywords: MATLAB, Electric Station, Electrical Design, Electric Vehicles, Charging Demand.

1 CAPITULO I

1.1 TÍTULO

Diseño de la instalación eléctrica de una electrolinera en la ciudad de Riobamba

1.2 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, diversas investigaciones se han llevado a cabo con el propósito de descubrir fuentes de energía que sean respetuosas con el entorno y puedan mantenerse a lo largo del tiempo. Como resultado, la movilidad eléctrica ha ganado un creciente reconocimiento como una alternativa más limpia y eficiente en comparación con los vehículos de combustible tradicional, que emiten contaminantes al medio ambiente. Este cambio ha generado a un notable crecimiento global de vehículos eléctricos. Conforme nos adentramos en una era de movilidad sostenible y amigable con el medio ambiente, es imprescindible contar con instalaciones de carga adecuada para satisfacer los requerimientos de estos vehículos limpios y eficientes.

Las electrolineras desempeñan un papel esencial a nivel global en el ámbito de la transición verde en el sector automotriz. Su propósito consiste en establecer una infraestructura que pueda satisfacer la demanda de los automóviles eléctricos, en contraposición a los vehículos tradicionales que son aproximadamente 23 millones en todo el mundo [1]. En América Latina, el avance hacia los automóviles eléctricos es gradual, a pesar de las múltiples estrategias implementadas para fomentar el uso de vehículos eléctricos (EV). Sin embargo, persisten y, en algunos casos, aumentan las formas de movilidad tradicional que generan una considerable contaminación atmosférica. Adicionalmente, se estima que la cantidad de vehículos eléctricos podría aumentar tres veces su cantidad en los próximos 25 años [2].

La presente investigación busca diseñar una electrolinera en Riobamba, un desafío clave en la movilidad eléctrica, dada la apuesta de la ciudad por la perdurabilidad y las infraestructuras de carga para vehículos eléctricos. El diseño enfrenta diversos retos técnicos y logísticos, incluyendo la provisión de carga rápida y eficiente, una infraestructura resistente y un suministro energético constante. Además, se considera la ubicación estratégica cercana a áreas residenciales, comerciales y de alto tránsito, el cumplimiento de normativas y la integración con la red eléctrica local. Todo ello garantiza una movilidad eléctrica óptima y sostenible en Riobamba.

1.3 PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

La creación del diseño eléctrico para una electrolinera en Riobamba reviste una gran cantidad importancia debido al crecimiento urbano y la imperativa promoción de la movilidad sustentable. Al facilitar la infraestructura necesaria para cargar automóviles eléctricos, se estimula la aceptación de esta tecnología y se reduce la dependencia de los combustibles derivados de fuentes fósiles. Además, se fomenta el desarrollo económico mediante la producción de nuevos empleos y turismo sostenible. Esta iniciativa contribuye a contar con mejor calidad de aire, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y fortalecer la imagen de Riobamba como una ciudad comprometida con la sostenibilidad y la innovación.

La ubicación estratégica de la electrolinera debe considerarse para garantizar la accesibilidad y conveniencia de los dueños de vehículos eléctricos, teniendo en cuenta factores como la cercanía a áreas residenciales, comerciales y de alto tránsito vehicular, así como la viabilidad técnica y económica. El diseño de la instalación eléctrica plantea desafíos, destacando la necesidad de proporcionar una carga eficiente y rápida a los vehículos.

Adicionalmente, es imperativo asegurar el acatamiento de regulaciones que salvaguarden la seguridad de los usuarios, la excelencia en el abastecimiento eléctrico y el correcto desempeño de los dispositivos. Por otro lado, se debe tener en cuenta la integración de la electrolinera con la red eléctrica existente en Riobamba. Esto conlleva la necesidad de analizar la capacidad de la red para resistir la carga adicional generada por la electrolinera, así como coordinar y equilibrar de manera adecuada la demanda de energía.

1.4 ANTECEDENTES

En la actualidad, los vehículos eléctricos ofrecen soluciones más eficientes y sostenibles para reducir la contaminación ambiental generada por los gases emitidos por los vehículos convencionales que utilizan combustibles fósiles. A nivel mundial, se ha estado estudiando el caso de las electrolineras, las cuales deben ubicarse estratégicamente para permitir a los usuarios recargar sus vehículos sin restricciones significativas, promoviendo la adopción y el uso conveniente de los automóviles eléctricos [3], [4].

Es importante tener en cuenta que actualmente en Ecuador, las estaciones de carga eléctrica, conocidas como electrolineras, están presentes en ciudades como Ambato, Guayaquil, Cuenca, Quito y Latacunga. Sin embargo, la ciudad de Riobamba carece significativamente de estas instalaciones, lo que resulta en inconvenientes para los propietarios de automóviles eléctricos que no cuentan con un lugar adecuado para recargar su energía.

Las electrolineras son una parte esencial de la transición verde en el ámbito automotriz a nivel mundial. El objetivo de esta transición es implementar estaciones de carga eléctrica capaces de servir a la creciente demanda de vehículos eléctricos, que en la actualidad alcanza aproximadamente los 26 millones en todo el mundo. China es el país con la mayor cantidad de vehículos eléctricos, seguido de cerca por Europa y Estados Unidos. Según

el informe "Perspectivas globales sobre el vehículo eléctrico" presentado por la Agencia Internacional de la Energía (IEA), se prevé que este año se vendan alrededor de 14 millones de automóviles eléctricos a nivel global. Estos tres mercados, China, Europa y Estados Unidos, dominan las ventas de carros electrificados a nivel global [5], [6].

En América Latina, la movilidad eléctrica está progresando a pasos acelerados. A pesar de los esfuerzos para fomentar y respaldar la adopción de automóviles eléctricos, las prácticas de movilidad convencional continúan y están causando un impacto ambiental más significativo al emitir gases nocivos. También, se calcula que los vehículos de este tipo podrían experimentar un rápido aumento en su adopción durante las próximas dos décadas y media. [7]. Este cambio conlleva una reestructuración de los sistemas y las instalaciones que respaldan la impulsión eléctrica, y afectan a una variedad de participantes en términos sociales, económicos, culturales y medioambientales, ya que engloba desde la obtención de recursos naturales hasta la modificación de la fuente de energía[8].

La falta de electrolinerías en Ecuador supone un desafío para la expansión del mercado de automóviles eléctricos, a pesar de las iniciativas implementadas por la Empresa Eléctrica de Quito y el respaldo del PNUD [9]. Para superar esta barrera, es crucial establecer una infraestructura adecuada que satisfaga la creciente demanda. Además, se deben abordar las preocupaciones sobre el impacto en el sistema eléctrico, aunque las estimaciones actuales indican que la implementación de electrolinerías no causaría déficits energéticos, sino que podría generar ahorros y una mayor eficiencia en la matriz energética [10].

Sin embargo, se requieren investigaciones más profundas para valorar el impacto de las estaciones de carga eléctrica en la demanda de energía y la capacidad de carga de la red eléctrica. Adicionalmente, se requiere una cooperación más estrecha entre las instituciones gubernamentales y las empresas del ámbito privado, así como la

implementación de políticas claras y regulaciones que impulsen la inversión en electrolineras y fomenten el crecimiento del mercado de vehículos eléctricos en Ecuador. Estas acciones son cruciales para superar las barreras existentes e impulsar con la movilidad eléctrica en el país [11].

En la ciudad de Riobamba, se busca abordar los problemas medioambientales causados por la contaminación y el agotamiento de fuentes de energía. Con este propósito, se plantea el diseño de una electrolinera, una instalación eléctrica que permitirá reducir la expulsión de dióxido de carbono y fomentar el empleo de automóviles eléctricos en vez de los convencionales. Esta iniciativa se enmarca en la transición hacia fuentes de energía que sean más respetuosas con el entorno. Sin embargo, para lograr una adopción masiva de vehículos eléctricos, es necesario contar con una infraestructura de carga eficiente y de fácil acceso. Esta red de carga tiene una función esencial en el estímulo y la simplificación de la movilidad eléctrica en el área urbana.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Riobamba es una ciudad en progresiva expansión y evolución, lo cual ha resultado en un incremento en la solicitud de desplazamiento. La instalación de una electrolinera en la ciudad contribuirá a cumplir las necesidades de carga de vehículos eléctricos de residentes, visitantes y empresas locales. Esto fomentará la adopción de vehículos eléctricos y disminuirá la relevancia en los combustibles provenientes de fuentes fósiles, lo que resultará en beneficios significativos para el medio ambiente y mejora del aire.

Además, la instalación de una electrolinera en Riobamba tendrá una contribución positiva en la economía local. Estimulará la generación de empleo en la edificación, funcionamiento y conservación de la estación de carga eléctrica. Asimismo, estimulará el crecimiento de las empresas de automóviles eléctricos y la cadena de suministro asociada,

generando oportunidades de negocio y desarrollo económico. El diseño adecuado de la instalación eléctrica de la electrolinera garantizará la seguridad de los usuarios, la protección de la red eléctrica y el cumplimiento de las normativas establecidas. Esto asegurará una operación confiable y eficiente de la electrolinera, brindando confianza y tranquilidad a los propietarios de los automóviles eléctricos.

1.6 DELIMITACION

La delimitación del proyecto de diseño de la instalación eléctrica de una electrolinera en la ciudad de Riobamba se establece en función de algunos aspectos clave, enfocándose directamente en el diseño específico de la infraestructura eléctrica de la electrolinera, abordando la planificación de la capacidad de carga, la elección y posicionamiento de los lugares de carga, y los niveles de energía requeridos para cumplir con la necesidad de carga de vehículos eléctricos en Riobamba.

De igual forma se tomará en cuenta la ubicación de la electrolinera, considerando los factores de disponibilidad de terrenos adecuados, accesibilidad para los usuarios con vehículos eléctricos y cercanía a las zonas de mayor concentración de vehículos y actividad comercial en la ciudad. En términos de los vehículos eléctricos a considerar, se tomará en cuenta la diversidad de las marcas presentes en el mercado actual. Se buscará garantizar la compatibilidad de los puntos de carga con los diferentes conectores y protocolos de carga utilizados por los vehículos eléctricos más comunes en Riobamba.

Es importante destacar que el proyecto se centrará únicamente en el diseño de la instalación eléctrica de la electrolinera y no abordará otros aspectos relacionados, como el diseño arquitectónico de la infraestructura o la implementación de sistemas de manejo y control.

1.7 BENEFICIARIOS DE LA PROPUESTA

Los beneficiarios directos del diseño de la instalación eléctrica de una electrolinera en la ciudad de Riobamba serían los usuarios de vehículos eléctricos que podrían utilizar la estación de carga para recargar sus vehículos de manera conveniente y rápida. Estos usuarios se beneficiarían al tener acceso a una infraestructura adecuada que les permita mantener sus vehículos eléctricos cargados, lo que les brindaría mayor comodidad y autonomía en sus desplazamientos.

Además, la ciudad de Riobamba se beneficiaría económicamente con la instalación de la electrolinera, ya que atraería a turistas y visitantes interesados en la movilidad eléctrica. Esto podría impulsar el turismo y generar oportunidades de negocio para los comerciantes locales, como restaurantes, hoteles y tiendas cercanas a la electrolinera.

Los beneficiarios indirectos incluirían a los habitantes de Riobamba y sus alrededores, ya que la electrolinera contribuiría a la eliminación de la contaminación del aire al fomentar el uso de vehículos eléctricos, que no emiten gases de escape nocivos. Esto llevaría a una ampliación en la calidad del aire y el bienestar de los usuarios.

1.8 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

1.8.1 Objetivo General

Diseñar la instalación eléctrica de una electrolinera en la ciudad de Riobamba que permita la conexión de vehículos eléctricos con la finalidad de garantizar una carga adecuada y rápida.

1.8.2 Objetivos Específicos

- Efectuar varias revisiones bibliográficas de estándares de diseño de electrolineras mediante lectura y comprensión de distintas fuentes de información para cargar diferentes modelos de vehículos eléctricos.

- Determinar los puntos de ubicación estratégicos según el análisis de la topología de la red de distribución de energía en la ciudad de Riobamba para seleccionar la ubicación más idónea de la electrolinera.
- Desarrollar el diseño de la instalación eléctrica de la electrolinera, aplicando los cálculos matemáticos eléctricos pertinentes, considerando las normativas y estándares de diseño vigentes, con el fin de asegurar una infraestructura eléctrica eficiente y segura para la carga adecuada y rápida de los vehículos eléctricos.
- Evaluar la electrolinera conectada a la red de distribución eléctrica en la ciudad de Riobamba por simulación para conocer su rendimiento.

2 CAPITULO II

MARCO TEORICO

El próximo capítulo se centra en el desarrollo de la revisión bibliográfica, así como en la definición y explicación de conceptos clave relacionados con las electrolinerías, las baterías, los automóviles eléctricos, la fabricación de productores y las distintas variantes de baterías usadas en la carga veloz de una estación de carga eléctrica.

2.1 Vehículos eléctricos

A finales del siglo XIX, los vehículos eléctricos prevalecían en contraste con los de motor de combustión. Eran los medios predominantes de transporte, líderes en las carreteras y en el mercado, y estaban elaborados con las tecnologías más avanzadas y conocidas de la época. Sin embargo, en 1910, los vehículos de combustión entraron con fuerza al mercado, principalmente debido a la manufactura en cadenas de producción y montaje, lo cual resultó en una marcada disminución de los gastos de producción. Esto desplazó a los fabricantes de vehículos eléctricos, ya que los vehículos de combustión eran más económicos y se beneficiaban de la falta de infraestructura eléctrica fuera de las ciudades[12].

Además, el almacenamiento de energía en baterías era limitado y la electricidad era más cara que el combustible en ese momento. La construcción de vehículos eléctricos se paralizó completamente durante la Primera Guerra Mundial, pero experimentó un renacimiento en los años 60 y 70 debido a la escasez de petróleo y la preocupación por la contaminación ambiental. En los años 90, los principales fabricantes de vehículos retomaron la producción de automóviles eléctricos, impulsados por mandatos como el ZEV emitido en California [12].

Hoy en día, los vehículos eléctricos utilizan tecnología que cumple con los requerimientos de desplazamiento de la población sin generar gases contaminantes a la atmósfera. Su principal objetivo es ofrecer servicios a compañías de transporte colectivo, como agrupaciones de taxis y operadores de autobuses eléctricos, con el fin de reducir la contaminación. No obstante, persisten obstáculos que necesitan vencerse, como la limitada capacidad de almacenamiento de energía en las baterías, su peso y la búsqueda de una mayor autonomía. Además, se requiere un mayor desarrollo de redes de carga pública. Estos obstáculos deben ser abordados para incentivar a la utilización de automóviles eléctricos y generar sensibilidad entre la población sobre las numerosas ventajas que ofrecen [13].

2.1.1 Tipo de vehículos eléctricos

En el presente, se pueden identificar tres categorías de vehículos eléctricos disponibles en el sector automotriz, que incluyen los vehículos de tipo híbrido, los híbridos enchufables y los completamente eléctricos. A continuación, se detallan cada uno de estos vehículos.

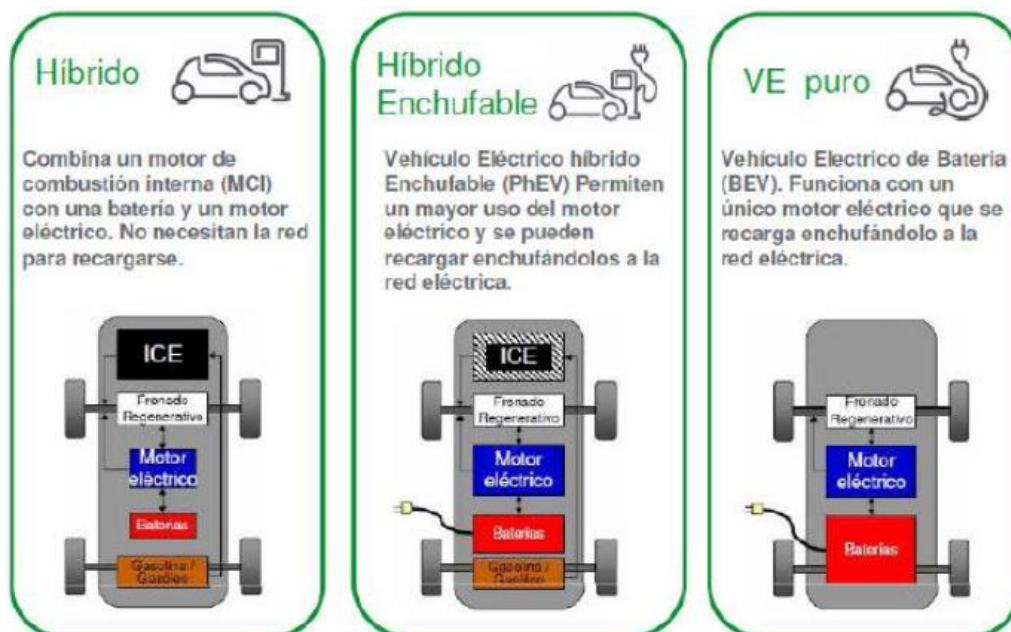


Figura 1. Tipos de vehículos eléctricos

2.1.1.1 Vehículos híbridos

En este tipo de automóvil, se resalta la colaboración entre un motor de combustión interna y un motor eléctrico, con el combustible como la única fuente de energía empleada. El motor eléctrico funciona principalmente a velocidades bajas, como en el arranque y cuando las baterías han alcanzado su capacidad máxima de carga, con el propósito de eliminar la contaminación de gases. Por otro lado, el motor de combustión interna se activa cuando se requiere mayor velocidad y potencia, así como para recargar el sistema de baterías cuando sea necesario [14].

El vehículo híbrido no autoriza la recarga de su batería a través de un suministro de electricidad externa. Las baterías de los vehículos híbridos carecen de la capacidad para mantener una notable cantidad de energía debido a que están sujetas a ciclos repetidos de carga y descarga. No obstante, esto conduce a una marcada reducción en el consumo de combustible, que varía entre el 25% y el 40%. Además, la batería puede ser recargada a través del frenado regenerativo, aprovechando la energía cinética generada durante el proceso de frenado para cargar la batería y alimentar el motor de gasolina [15].

2.1.1.2 Vehículos híbridos enchufable

El vehículo híbrido enchufable emplea tanto su motor de combustión interna como su motor eléctrico, de acuerdo con la necesidad para generar la potencia necesaria en su desplazamiento. Este tipo de automóvil aprovecha dos fuentes externas de energía: el combustible que impulsa el motor de combustión interna y energía adquirida de la red eléctrica que recarga la batería [15].

La batería es recargada de varias formas, como a través del motor de gasolina, el frenado regenerativo y cuando se conecta a un punto de recarga eléctrica [14].

2.1.1.3 Vehículos eléctricos puros

Este tipo de auto se destaca gracias a su sistema de propulsión que incluye un motor eléctrico, un regulador de velocidad y aceleración, un dispositivo para guardar energía y un mecanismo de carga. Estos vehículos no demandan un combustible específico y, por lo tanto, no liberan contaminantes al medio ambiente. Son diseñados especialmente para su uso en áreas urbanas y en recorridos cortos por autopistas. Los tiempos de recarga de las baterías varían y pueden oscilar desde unos pocos minutos hasta varias horas, según el tipo de sistema de carga al que se conecten [14].

2.1.2 Baterías

Actualmente, entre los desafíos más importantes que tiene un vehículo eléctrico radica en la capacidad limitada de las baterías actuales. La batería eléctrica es un aparato que almacena energía eléctrica por medio de procesos electroquímicos y luego la libera con ciertas disminuciones [14].

En la actualidad, las baterías desempeñan un papel crucial en los vehículos no solo para su operación en los automóviles eléctricos, sino también en la configuración de electrolineras que habilitan la recarga de los vehículos eléctricos. Esto se debe a que la infraestructura debe ser adaptada a las particularidades de las baterías disponibles en el mercado.

En la presente época, las baterías desempeñan una función esencial en la acumulación y distribución de energía hacia los elementos eléctricos del vehículo. Estas baterías cuentan con características particulares en cuanto a los materiales usados en su fabricación, lo que les permite tener una mayor capacidad de almacenamiento. Esta capacidad afecta aspectos como la velocidad máxima del auto, la distancia que puede recorrer antes de

necesitar otra carga, el período de tiempo para recargarse y la duración operativa de la batería [16].

2.1.2.1 Características

En la Tabla 1 se detalla de manera precisa cada una de las características de las baterías eléctricas, siendo esta información clara y precisa para comprender el correcto funcionamiento y rendimiento de las baterías en los automóviles eléctricos, identificando los aspectos que distinguen a las diferentes baterías y cómo influyen en el desempeño general del vehículo. Esta tabla proporciona una visión general de los atributos más comunes de las baterías, lo que permite una comparación y evaluación más informada de las opciones disponibles en el mercado [17].

Tabla 1: Características de las baterías eléctricas

Característica	Descripción
Capacidad de almacenamiento	La cantidad de energía que puede almacenar una batería. Se mide en amperios-hora (Ah) o kilovatios-hora (kWh).
Voltaje nominal	El voltaje promedio de funcionamiento de la batería. Puede variar según el tipo y la configuración de la batería.
Ciclo de vida	La cantidad de ciclos de carga y descarga que una batería puede soportar antes de que su capacidad se degrade significativamente.
Tiempo de carga	El tiempo requerido para cargar completamente una batería desde un estado de descarga completa. Puede variar según el tipo de batería y el sistema de carga utilizado.
Autonomía	La distancia que un vehículo eléctrico puede recorrer con una carga completa de la batería. Depende de la capacidad de la batería y de la eficiencia del vehículo.
Potencia máxima	La cantidad máxima de energía que una batería puede suministrar en un corto período de tiempo. Se utiliza para determinar la aceleración y el rendimiento del vehículo.
Peso	El peso de la batería, que afecta la eficiencia y el rendimiento del vehículo. Una batería más liviana permite una mayor autonomía y un mejor rendimiento.

Costo	El precio de la batería, que puede variar según el tipo de batería, la capacidad y la tecnología utilizada. Generalmente, las baterías más grandes y de mayor capacidad son más costosas.
Seguridad	Las medidas de seguridad incorporadas en la batería para prevenir riesgos como cortocircuitos, sobrecalentamiento y sobrecarga. La seguridad es un aspecto crítico en el diseño y fabricación de las baterías eléctricas.

Fuente: [16], [17]

Las baterías de litio son usadas en vehículos livianos debido a su eficiencia y rendimiento, permitiendo mejorar su eficacia significativamente en el rendimiento de los automóviles eléctricos [17]. El almacenamiento de energía es una de las principales dificultades en la industria de los vehículos eléctricos, y las características técnicas de las baterías emplean un papel esencial en la transformación de energía química a energía eléctrica. Estas características tienen un efecto significativo en la potencia y rendimiento de los vehículos, incluyendo la fuerza electromotriz, capacidad completa, cantidad total de energía, número de ciclos de vida, grado de descarga y rendimiento global. [18].

Las baterías tienen una restricción en cuanto a la cantidad máxima de ciclos de carga, la cual varía dependiendo del tipo de batería. Las especificaciones técnicas de los autos eléctricos, como la distancia que pueden recorrer, el tiempo requerido para recargar y el coste, dependen del tipo de batería empleado [15].

2.1.2.2 Capacidad de carga

Se calcula la capacidad de almacenamiento de energía de las baterías multiplicando la corriente por el tiempo, lo que refleja la cantidad máxima de energía que puede ser extraída durante un lapso determinado. Esta capacidad puede variar según el tipo de batería y los procesos químicos que se produzcan en cada una. Un valor esencial es el rango de voltaje operativo, el cual no permanece constante y está influenciado debido a

elementos como la temperatura, los ciclos de carga y descarga, descargas por debajo de los umbrales permitidos, sobrecarga y otros elementos. [18].

Las baterías se cargan utilizando fuentes de corriente continua, lo que permite que fluya corriente eléctrica durante el proceso de carga, como se muestra en la tabla. La carga rápida es una opción conveniente para una carga más rápida, pero tiene repercusiones a corto plazo al reducir la vida útil de las baterías, ya que somete a la batería a corrientes de carga muy altas. Es importante encontrar un equilibrio adecuado entre la velocidad de carga y la preservación a largo plazo de la batería para garantizar su durabilidad y rendimiento óptimo [16].

Tabla 2: *Comparación de alimentación de las baterías*

Características	Carga lenta	Carga rápida
Alimentación monofásica (AC)	230 [V], 16 [A], 3,7[kW]	
Alimentación trifásica (AC)	400 [V], 16 [A], 11[kW]	500 [V], 250 [A], 220 [kW]
Alimentación continua (DC)	-	600 [V], 400 [A], 240 [kW]
Tiempo estimado de recarga completa.	5.5 [h] – AC monofásico 2 [h] – AC trifásico	5 – 8 [min]
Localización optima	Viviendas, estacionamientos, terminales y aeropuertos	Electrolineras

2.1.2.3 Tipos

Existen variedades de baterías utilizados hoy en día en los vehículos livianos dentro del sector automotriz, entre las más utilizadas hoy en día tenemos:

➤ **Baterías de Plomo – Acido**

Las baterías de plomo-ácido son recargables y se componen por láminas de plomo inmersas en una mezcla de ácido sulfúrico. Son conocidas por su bajo costo, alta capacidad de arranque y larga vida útil. No obstante, son de peso considerable, ocupan

mucho espacio y necesitan un mantenimiento apropiado debido a su contenido de ácido sulfúrico. Aunque presentan estas limitaciones, son ampliamente utilizadas en diversas aplicaciones debido a su confiabilidad y precio económico.

➤ **Baterías de Níquel – Hidruro metálico**

Las baterías de níquel-hidruro metálico (Ni-MH) son recargables y ofrecen más capacidad de energía que las baterías de níquel-cadmio (NiCd), sin contener materiales tóxicos. Son utilizadas en dispositivos electrónicos de alto consumo de energía y tienen una larga vitalidad. Aunque tienen una menor capacidad de carga que las baterías de iones de litio y pueden auto descargarse más rápido, son más respetuosas con el medio ambiente. Es importante considerar las necesidades específicas de cada aplicación antes de elegir este tipo de batería.

➤ **Baterías de Ion Litio**

Las baterías de ion de litio (Li-ion) son recargables y se usan ampliamente en dispositivos eléctricos gracias a su densidad energética elevada, su reducida autodescarga y su eficacia de carga. Son ideales para aplicaciones portátiles y de alta demanda energética. Sin embargo, requieren precauciones especiales para garantizar su seguridad y rendimiento óptimo.

2.2 Electrolinera

Una electrolinera se refiere a una estación de carga destinada a recargar de manera práctica las baterías de los vehículos eléctricos. Estas estaciones son componentes esenciales de la infraestructura requerida para impulsar la adopción de los vehículos eléctricos, al brindar puntos de carga de fácil acceso y confiabilidad. Las electrolineras se instalan en lugares estratégicos como autopistas y centros comerciales para garantizar la disponibilidad de carga. Su desarrollo es fundamental para promover la movilidad sostenible y reducir las emisiones. Las electrolineras ofrecen diferentes tipos de

cargadores y pueden proporcionar servicios adicionales. Son indispensables para promover la migración hacia un medio de transporte más respetuoso con el entorno [19].

2.2.1 Ventajas y desventajas de las electrolinerías

Tabla 3. *Ventajas y desventajas de las electrolinerías*

Ventajas	Desventajas
Energía limpia	Infraestructura limitada
Menores costos de combustible	Tiempo de carga prolongado
Mayor conveniencia	Autonomía limitada
Menor mantenimiento	Impacto ambiental de las baterías

Las electrolinerías suministran electricidad para cargar vehículos eléctricos, lo que resulta en una disminución de la contaminación por gases que provocan contaminación ambiental. Esto contribuye a elevar la pureza del aire y disminuir la dependencia a los carburantes fósiles. Además, las electrolinerías ofrecen una ventaja económica significativa, ya que los costos de combustible son menores en comparación con la gasolina utilizada en vehículos de combustión interna. Por otro lado, los vehículos eléctricos requieren menos mantenimiento que sus contrapartes de combustión interna, ya que tienen menos piezas móviles. Esto se traduce en ahorros adicionales a futuro, a la reducción de costos de servicio y reparación.

A pesar de que los automóviles eléctricos están siendo cada vez más utilizados en la actualidad, todavía existen limitaciones en la infraestructura de electrolinerías. Esto puede dificultar la planificación de viajes largos, ya que la disponibilidad de puntos de carga puede ser limitada. Además, los tiempos de carga de las baterías son prolongados. Sin embargo, se está avanzando en el desarrollo de nuevas tecnologías que buscan acelerar estos procesos de carga. Por otra parte, las baterías de litio utilizadas actualmente presentan un impacto ambiental debido a los materiales empleados en su fabricación y

extracción. Como resultado, se están implementando planes de sostenibilidad para abordar este problema y promover el reciclaje de las baterías.

2.2.2 Impacto de los vehículos eléctricos en las redes eléctricas

La inclusión de automóviles eléctricos en las redes de distribución conlleva consecuencias técnicas y económicas en el sistema eléctrico. Esto se debe a la anticipación de una carga significativa de estos vehículos, lo cual influirá en la operación del sistema, así como en la posible demanda de mejorar la infraestructura ya existente [14].

La evaluación del efecto de cargar vehículos eléctricos en el sistema eléctrico estará condicionada por cuando, donde y de qué manera se efectuó la carga, dado que hay múltiples enfoques de carga disponibles, como se presenta en la Tabla 2 [14].

Tabla 4. *Métodos de carga de VE*

Infraestructuras de recargas de vehículos eléctricos	
Lugar de recarga	Tipo de recarga
Domicilio	Lenta
Parking público o privado	Lenta/Rápida
Electrolinera	Rápida

El consumo de energía eléctrica no permanece uniforme durante el día, aunque puede predecirse. Por esta razón, resulta crucial evitar cargar los vehículos eléctricos durante los momentos de mayor demanda, cuando la demanda de energía es alta, y fomentar la carga durante las horas de menor consumo, conocidas como horas valle. Para ilustrar esto, consideremos un ejemplo: una batería típica de un vehículo eléctrico tiene una capacidad de entre 10 y 50 kWh, lo que implica que la potencia consumida durante la recarga puede variar entre 3 kW y 100 kW, dependiendo del tipo de carga, ya sea lenta o rápida.

El problema empieza cuando la mayor cantidad de usuarios tienden a cargar sus vehículos eléctricos cuando llegan a casa, lo que provoca que la red eléctrica experimente un pico

de demanda. Esto agrava aún más la situación, ya que la combinación de la carga de vehículos eléctricos genera una mayor demanda en la red eléctrica, lo cual plantea la insuficiencia del sistema eléctrico actual para manejar la integración masiva de vehículos eléctricos a través de un sistema de carga no controlada.

2.3 Electrolineras en América latina

En la actualidad la movilidad eléctrica cada vez ha ido teniendo un crecimiento acelerado con ello se han ido desarrollando alternativas estratégicas para disminuir la contaminación ambiental, el efecto invernadero producido por los gases emitidos de los vehículos tradicionales que usan grandes cantidades de combustibles fósiles, siendo la adopción de la movilidad eléctrica una perspectiva beneficiosa para la región y la promoción de un desplazamiento sostenible, puesto que involucra la amalgama de modalidades de transporte más eficiente y menos dañinas para el entorno [20].

América Latina ha tenido un incremento acelerado en la urbanización del casco urbano del 93%, por lo tanto, ha ido creciendo el transporte público evidenciando consecuencias de mayor emisión de gases contaminantes, afectando a la salud de las personas y destrucción ambiental. Según informes de la ONU Medio Ambiente, se determinó que los vehículos de carga y los de menor peso son los principales generadores de contaminación por las emisiones del dióxido de carbono, por ello se requiere nuevas reformas ambientales y modernización de transporte [20]. *“Considerando esos efectos ambientales, este tipo de movilidad sostenible exige transportes que atiendan a la necesidad de carga que requieren los usuarios que utilizan estos vehículos eléctricos de transporte, por ello las electrolineras representan uno de los principales retos logísticos para los países, pero es necesario el apoyo público y privado para favorecer la transición verde y motivar al público con incentivos el uso de estas tecnologías”* [21].

En la siguiente Tabla 5 se detalla los avances de las electrolinerías en América Latina.

Tabla 5. *Avances de electrolinerías en América Latina* [21]

Países	Acciones para infraestructura de carga	Nivel de avance
Chile	Regulación SEC y proyectos	Medio
México	Apoyo CFE y proyecto de 100 electrolinerías	Alto
Panamá	Pocas electrolinerías	Sin avance
República Dominicana	Pocas electrolinerías	Sin avance
Costa Rica	Electrolinerías ICE y descuento en equipamiento	Alto
Colombia	Proyecto EPM	Medio
Uruguay	Corredor interurbano y descuentos	Alto
Brasil	Regulación y algunos proyectos	Medio
Argentina	Pocas electrolinerías y proyecto YPF	Poco
Ecuador	Cobro diferenciado y proyecto	Medio

2.3.1 Ecuador

En 2018 [20], Ecuador experimentó un aumento del 97.5% en la adquisición de vehículos eléctricos, lo que generó la necesidad de establecer regulaciones y políticas dirigidas a fomentar y respaldar el cambio hacia la movilidad con vehículos eléctricos. A pesar de que actualmente no hay un plan oficial para la instalación de puntos de carga destinados a automóviles eléctricos (electrolinerías), se han realizado cambios progresivos en esta dirección. Un ejemplo de ello es la Ley Orgánica de Eficiencia Energética, que incluye la disposición de que, a partir de 2025, el transporte público que se incorpore al servicio deberá ser de modalidad eléctrica en un 42%. Ecuador se encuentra en constante evolución en materia energética, sustituyendo gradualmente los hidrocarburos de origen fósil con fuentes de energía sostenible. En este sentido, se están desarrollando nuevas infraestructuras de energía con elementos clave para respaldar estas estrategias de movilidad eléctrica [22].

En Ecuador, se han tomado medidas importantes a nivel normativo para promover la creación de electrolineras y fomentar la movilidad eléctrica. En el año 2018, se gestionó la Ley de Incentivo a la Producción, que exonera del 0% de Impuesto al Valor Agregado (IVA) a los vehículos eléctricos (EV) e híbridos. Adicionalmente, la Ley Orgánica de Eficiencia Energética, promulgada en 2019, establece que la prestación de servicios de carga para vehículos eléctricos puede ser llevada a cabo por individuos o empresas autorizadas mediante un Acuerdo de Comercialización de Energía Eléctrica para la Carga de Vehículos, en colaboración con las Compañías Eléctricas de Distribución y conforme a regulaciones establecida por la ARCONEL. Aunque el costo de carga lo establece el proveedor del servicio, existe un tope máximo determinado por la ARCONEL en los análisis tarifarios [23].

No obstante, hay obstáculos para implementar electrolineras debido a regulaciones específicas en el país. Estas regulaciones requieren que las compañías de distribución proporcionen electricidad a las entidades autorizadas para la recarga de vehículos eléctricos. Sin embargo, falta una normativa clara que establezca las condiciones y responsabilidades del proveedor de carga. Se necesita una regulación que defina contratos entre proveedores de carga y empresas distribuidoras, así como requisitos técnicos y legales. Además, se debe establecer la calificación de las estaciones de carga, tarifas y precios máximos de comercialización en los puntos de carga. [23].

2.3.1.1 Tipos de Carga

En el contexto de la movilidad eléctrica, es fundamental comprender las distintas variedades y métodos de carga disponibles para los vehículos eléctricos. La recarga constante de las baterías es necesaria, pero es importante tener en cuenta que los tipos y modelos de vehículos pueden variar en cuanto a las características de sus baterías y conectores utilizados [15].

En cuanto a los modos de carga, se reconocen cuatro categorías distintas, como se indica en la Tabla 6 y la Figura 2. Estos modos de carga se diferencian según el tipo de conector utilizado, el periodo necesario para la recarga y el nivel de interacción establecido entre la estructura de carga y el vehículo eléctrico [15].

Tabla 6. *Modos de carga*

Características	Modos de carga			
	1	2	3	4
Opera con voltaje alterno AC o continuo DC	AC	AC	AC	DC
Conectores domésticos o tipo Schuko	SÍ	SÍ	NO	NO
Conectores tipo Mennekes, SAE, Wallbox o scame	NO	NO	SÍ	NO
Conectores tipo CCS o CHAdeMO	NO	NO	NO	SÍ
Comunicación entre la infraestructura de carga y vehículo	NO	SÍ	SÍ	SÍ
Carga lenta	SÍ	SÍ	NO	NO
Carga semi rápida	NO	NO	SÍ	NO
Carga rápida	NO	NO	NO	SÍ

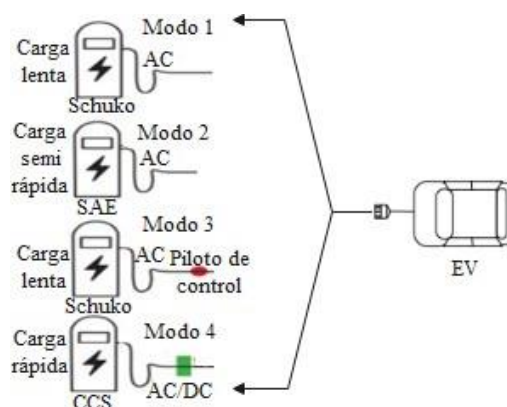


Figura 2. *Modos de carga*

En relación a los tipos de carga, se distingue la carga vinculada o lenta, la cual es ampliamente utilizada debido a su simplicidad y comodidad. Este método implica la conexión del vehículo a un enchufe doméstico estándar (Conector Schuko), lo que permite la carga utilizando corriente alterna monofásica. Por otra parte, la carga de velocidad media o semi rápida se efectúa empleando corriente monofásica o corriente alterna trifásica. No obstante, este método de recarga es menos frecuente entre los dueños

de vehículos eléctricos, ya que generalmente se emplea principalmente en estaciones de recarga públicas [24]. Por último, las cargas rápidas se realizan en electrolinerías y requieren una infraestructura más compleja debido al uso de corriente continua de hasta 500 V.

Tabla 7. Tipos de carga. [24]

Carga	Tiempo	Suministro	Potencia	Voltaje	Corriente
Lento	14 horas	1 fase AC	2.2 [kW]	220 [V]	10 [A]
Lento	9 horas	1 fase AC	3.5 [kW]	220 [V]	16 [A]
Medio	4 horas	1 fase AC	7.0 [kW]	220 [V]	32 [A]
Medio	1.5 horas	3 fase AC	21 [kW]	380 [V]	32 [A]
Rápido	45 minutos	3 fase AC	42 [kW]	380 [V]	63 [A]
Rápido	40 minutos	DC	50 [kW]	400 - 500 [V]	125 [A]

De igual forma, se debe tomar en cuenta que las electrolinerías gestionan distintos niveles de potencia en función de las particularidades del automóvil, por lo general se tiene tres niveles menores a 1.92kW y mayor a 20kW [25]. Las electrolinerías tienen parámetros específicos para garantizar un funcionamiento adecuado y cumplir con los requisitos de control. Se establecen mecanismos para prevenir contratiempos de corriente y voltaje, garantizando así la carga y el estado óptimo tanto del vehículo como de la electrolinería. Se aplican criterios internacionales, tales como la salvaguardia contra sobrecorriente en el trayecto de suministro, que resultan mandatorios en las estaciones de carga. Asimismo, el sistema de conexión a tierra debe cumplir con la normativa IEEE80-2013, con una resistencia máxima de 10Ω en los componentes electrónicos sensibles. Estas medidas buscan garantizar la seguridad y eficiencia en el funcionamiento de las electrolinerías [26]. Asimismo, el sistema de puesta a tierra debe ser diseñado de acuerdo con el estándar IEEE80-2013, asegurando que la resistencia no supere los 10Ω en los equipos electrónicos de alta sensibilidad [27]. Estas medidas buscan garantizar la seguridad y eficiencia en la operación de las electrolinerías.

3 CAPITULO III

METODOLOGÍA

La creación de la electrolinera se realiza a través de la obtención de conocimientos y datos que sustenten y justifiquen el proceso de investigación. El procedimiento consta de una serie de fases que se describen en los siguientes pasos. En primer lugar, la recopilación de los conocimientos existentes sobre el tema, así como la información relevante sobre las tecnologías y estándares aplicables a las electrolineras. A continuación, se efectúa un análisis de los requisitos y necesidades específicas de la electrolinera en cuestión.

3.1 Análisis exploratorio

Los vehículos eléctricos tienen para abastecerse por sistemas de carga, la ubicación de las electrolineras depende de la geografía del lugar donde se realiza el análisis, las ubicaciones en donde exista la infraestructura de energía, el tráfico vehicular y su accesibilidad requerida para la instalación de los sistemas de recarga.

La implementación de una electrolinera, puede diferir según la localización y las regulaciones específicas de cada país o región. Sin embargo, a continuación, se presentan algunos requisitos generales que suelen ser necesarios para la implementación de una electrolinera:

Infraestructura eléctrica adecuada: Se requiere una conexión eléctrica de alta capacidad para suministrar la energía necesaria para cargar los vehículos eléctricos. Esto implica asegurarse de que la instalación eléctrica existente o a implementar pueda soportar la demanda de energía esperada y cumpla con los códigos y estándares eléctricos locales.

Equipos de carga: Se necesitan cargadores eléctricos para suministrar energía a los vehículos eléctricos. Estos pueden ser de diferentes tipos y capacidades, como cargadores de CA (corriente alterna) o cargadores rápidos de CC (corriente continua). Es importante

seleccionar equipos de carga que sean compatibles con los vehículos eléctricos comunes y que cumplan con los estándares y requisitos de seguridad aplicables.

Diseño y configuración adecuados del espacio: La electrolinera debe tener un diseño y una configuración adecuada para acomodar los vehículos eléctricos que se cargarán. Esto puede incluir la disposición de las estaciones de carga, el espacio para el estacionamiento de los vehículos y consideraciones de seguridad, como señalización adecuada y accesibilidad.

Conectividad y sistemas de gestión: Es importante contar con sistemas de comunicación y gestión que permitan monitorear y controlar el funcionamiento de la electrolinera. Esto puede incluir sistemas de pago y facturación, monitoreo remoto, integración con redes eléctricas inteligentes, y su habilidad para ofrecer datos en tiempo real acerca de la disponibilidad de las estaciones de carga.

Seguridad: La seguridad es un aspecto fundamental en la implementación de una electrolinera. Se deben seguir las reglas y procesos en materia de seguridad eléctrica, protección contra incendios y medidas de seguridad personal. Esto incluye la posibilidad de poner en marcha sistemas para contrarrestar picos de voltaje, sistemas de corte de emergencia y señalización de seguridad adecuada.

Además de estos requisitos generales, es importante tener en cuenta las necesidades específicas de la normativa local y los estándares aplicables. Estos pueden abarcar aspectos como permisos y licencias, requisitos de conexión a la red eléctrica, tarifas eléctricas, entre otros.

La información requerida para llevar a cabo este estudio proviene de sitios web de organizaciones tanto públicas como privadas del país, con el fin de asegurar la obtención de estadísticas más precisas.

En los últimos años, se ha evidenciado una migración considerable desde áreas rurales hacia entornos urbanos. Este crecimiento poblacional en las ciudades ha impulsado un rediseño de las estructuras de transporte privado, lo que ha contribuido al creciente avance de los vehículos eléctricos. Por lo tanto, al evaluar la viabilidad de establecer una electrolinera en la ciudad de Riobamba, se toma en consideración la situación geográfica y demográfica, condensada junto con la capacidad requerida.

3.2 Ubicación geográfica

Riobamba se encuentra a una altitud de 2.754 metros sobre el nivel del mar, con un clima frío andino que registra un promedio de 12 °C. Ubicada en la Sierra Central, la ciudad dista 188 km al sur de Quito, la capital ecuatoriana, y funge como la sede de la Provincia de Chimborazo (ver figura 3). Su posición estratégica la convierte en un punto de enlace entre las distintas zonas geográficas de Ecuador (Costa, Sierra y Oriente) gracias a su red de vías de acceso y su dinámica comercial, lo que la hace propicia para la planificación de estaciones de recarga, ya que ocupa una posición clave en el tránsito interandino [28].



Figura 3. Ubicación del Cantón Riobamba en el contexto global y local

3.3 Situación demográfica

Riobamba, la capital de la provincia de Chimborazo, destaca como la urbe más extensa y habitada, contando con una población de 264 mil habitantes (según proyecciones del INEC para 2020). Su ubicación central en la región Interandina del Ecuador la convierte en un punto neurálgico. Reconocida como la "Ciudad de las Primicias", esta localidad es un eje esencial en términos administrativos, económicos, financieros y comerciales en el corazón del país [29].

Cabe mencionar que el análisis se enfoca en un rango de edades específico, dado que los ciudadanos ecuatorianos tienen la capacidad legal de conducir desde los 18 años hasta los 65 años. Fuera de este intervalo, no se expedirán documentos que los habiliten para manejar.

Riobamba se encuentra conformada por dieciséis parroquias, cinco de ellas son parroquias urbanas, y once parroquias rurales. La mayoría de los habitantes se concentra en el área urbana según la estadística del INEC.

Según la información de la zona de análisis para la implementación de la electrolinera se selecciona la zona noreste de la ciudad de Riobamba como lugares estratégicos para este desarrollo ya que comprende con establecimientos para el turista, hospedaje, alimentación, centros de entretenimiento, centros universitarios.

En la figura 4 muestra la sectorización de la ciudad por parroquias urbanas en donde se encuentra la mayor extensión de área de las parroquias y un número de habitantes alto son Lizarzaburu y Velasco.

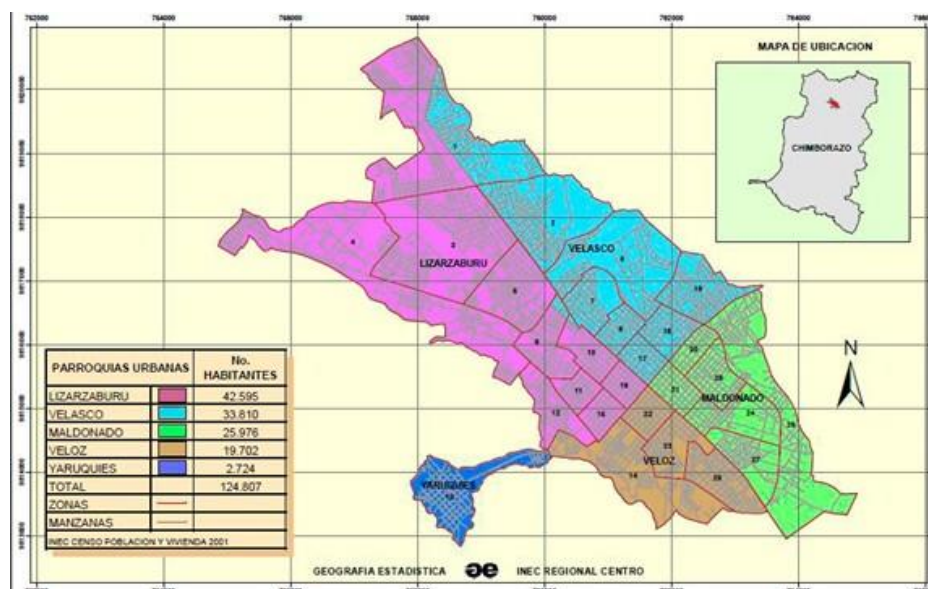


Figura 4. Parroquias urbanas de Riobamba

Según la marcación se observa que en la parroquia Lizarzaburu se encuentran lugares estratégicos con una concentración de flujo vehicular alta, se encuentra el Centro Comercial Multiplaza, centro universitario ESPOCH, el Terminal Terrestre como muestra la figura 5, y considerando también que es por donde se ingresa a la ciudad y son sitios estratégicos para la implementación de electrolinerías.

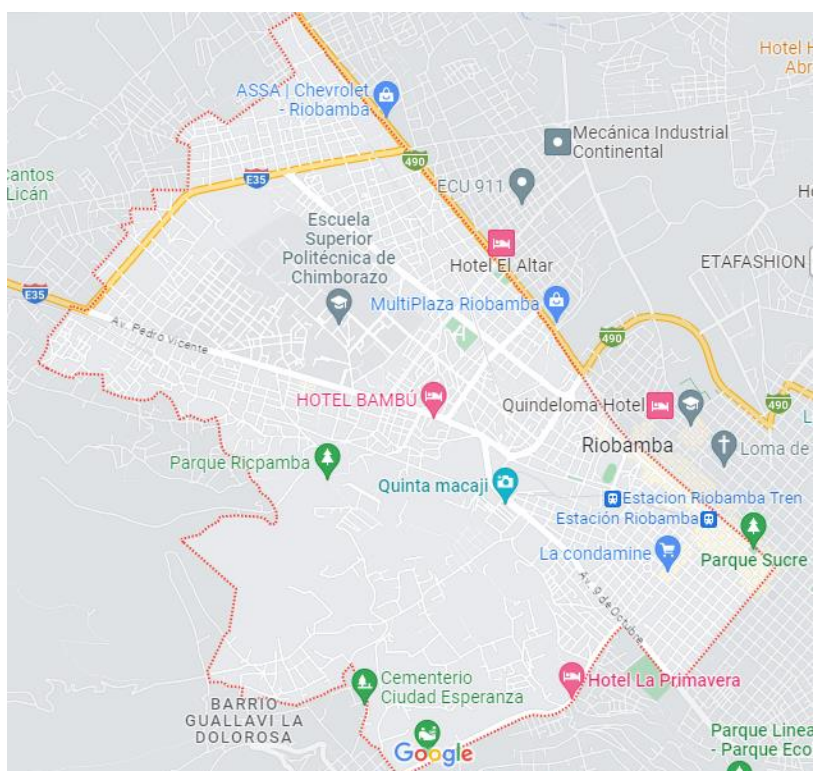


Figura 5. Parroquia Lizarzaburu de Riobamba

Mientras que en la parroquia de Velasco se encuentran otros sitios estratégicos como el Centro Comercial El Paseo Shopping, la UNACH como se muestra en la figura 6 y también aplicaría como sitio estratégico.

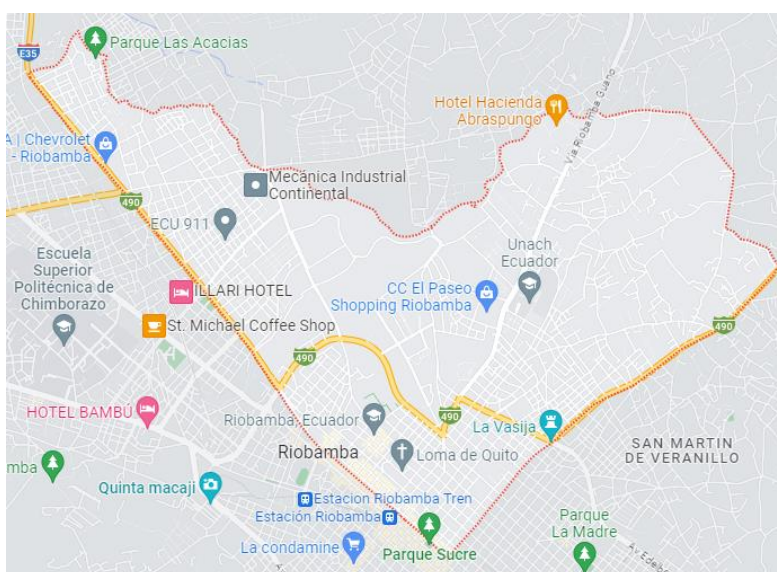


Figura 6. Parroquia Velasco de Riobamba

3.4 Infraestructura eléctrica

Para la implementación de un sistema de electrolinera a más de seleccionar los lugares estratégicos se realiza una investigación de la infraestructura y capacidad eléctrica provista en la ciudad, como muestra la figura 7.

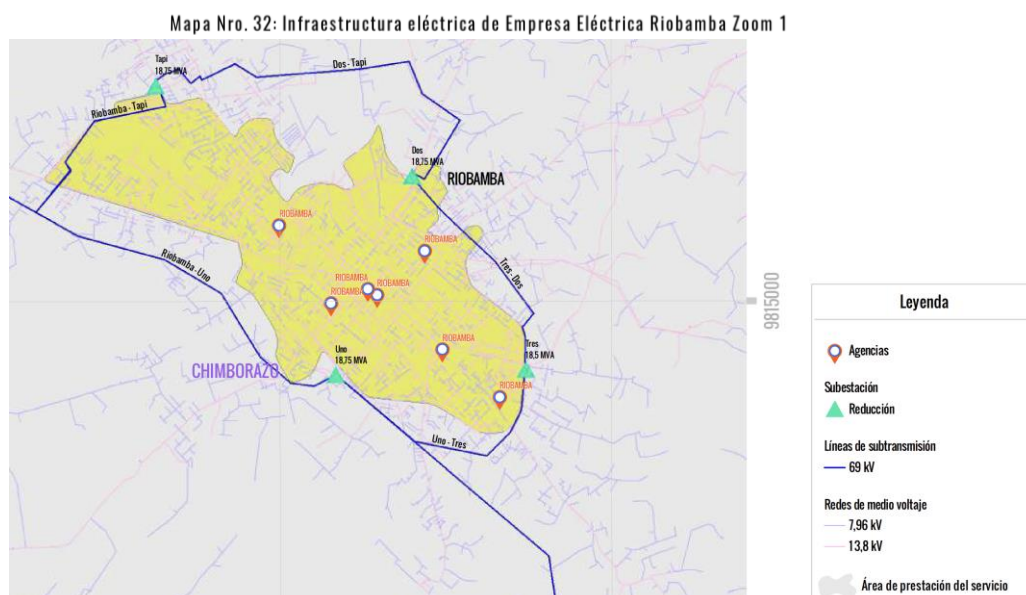


Figura 7. Infraestructura eléctrica de la ciudad de Riobamba

Al contrastar la información del aspecto social con la infraestructura eléctrica de la Empresa Eléctrica Riobamba, las redes de medio voltaje de 13.8 kV se encuentran distribuidos por las zonas seleccionadas como puntos estratégicos para la implementación de la electrolinera.

Y también según el mapa de distribución del ARCERNNR para la movilidad en el Ecuador se observa en la figura 8 como los puntos de recarga se encuentran en la zona de ya marcadas como estratégicas.



Figura 8. Red nacional de carga

3.5 Requerimientos de la electrolinera

Para implementar una electrolinera, se requieren varios equipos clave para facilitar la carga de vehículos eléctricos. A continuación, se mencionan algunos de los equipos típicos necesarios:

Cargadores de vehículos eléctricos: Los cargadores de vehículos eléctricos son el componente principal de una electrolinera. Estos equipos suministran la energía eléctrica necesaria para cargar los vehículos. Pueden ser de diferentes tipos, como cargadores de CA (corriente alterna) o cargadores rápidos de CC (corriente continua), y están disponibles en distintas capacidades de potencia. Los cargadores deben ser compatibles con los conectores y estándares utilizados en los vehículos eléctricos comunes.

Estaciones de carga múltiple: Con el fin de satisfacer la necesidad de cargar múltiples vehículos simultáneamente, es común tener una o más estaciones de carga múltiple en una electrolinera. Estas estaciones están equipadas con varios puntos de carga, lo que permite a varios vehículos cargar simultáneamente.

Infraestructura eléctrica: Se requiere una infraestructura eléctrica adecuada para suministrar energía a los cargadores. Esto puede incluir transformadores, tableros de distribución, interruptores, cables de alimentación, protección contra sobretensiones y sistemas de protección eléctrica.

Sistema de gestión de carga: Un sistema de gestión de carga es esencial para administrar las operaciones de la electrolinera. Puede incluir un software centralizado que monitoree y controle los puntos de carga, registre datos de carga, realice el seguimiento del consumo de energía, gestione el acceso y el cobro, y proporcione informes y análisis.

Sistemas de pago y autenticación: Con el propósito de habilitar la facturación y la liquidación de los servicios de carga, se necesitan sistemas de pago y autenticación. Estos pueden incluir terminales de pago que acepten tarjetas de crédito o débito, aplicaciones móviles de pago, o sistemas de identificación y autenticación para usuarios registrados.

Señalización y pantallas informativas: Es importante contar con señalización clara y visible que indique la ubicación de la electrolinera y las instrucciones de uso. Además,

las pantallas informativas pueden mostrar información sobre la disponibilidad de las estaciones de carga, el estado de carga en curso, las tarifas, los tiempos de carga estimados y otra información relevante para los usuarios.

3.6 Descripción del Sistema funcional de la electrolinera

El diagrama de flujo de la figura 9 representa la operación de un sistema de electrolinera para la recarga de un vehículo eléctrico:

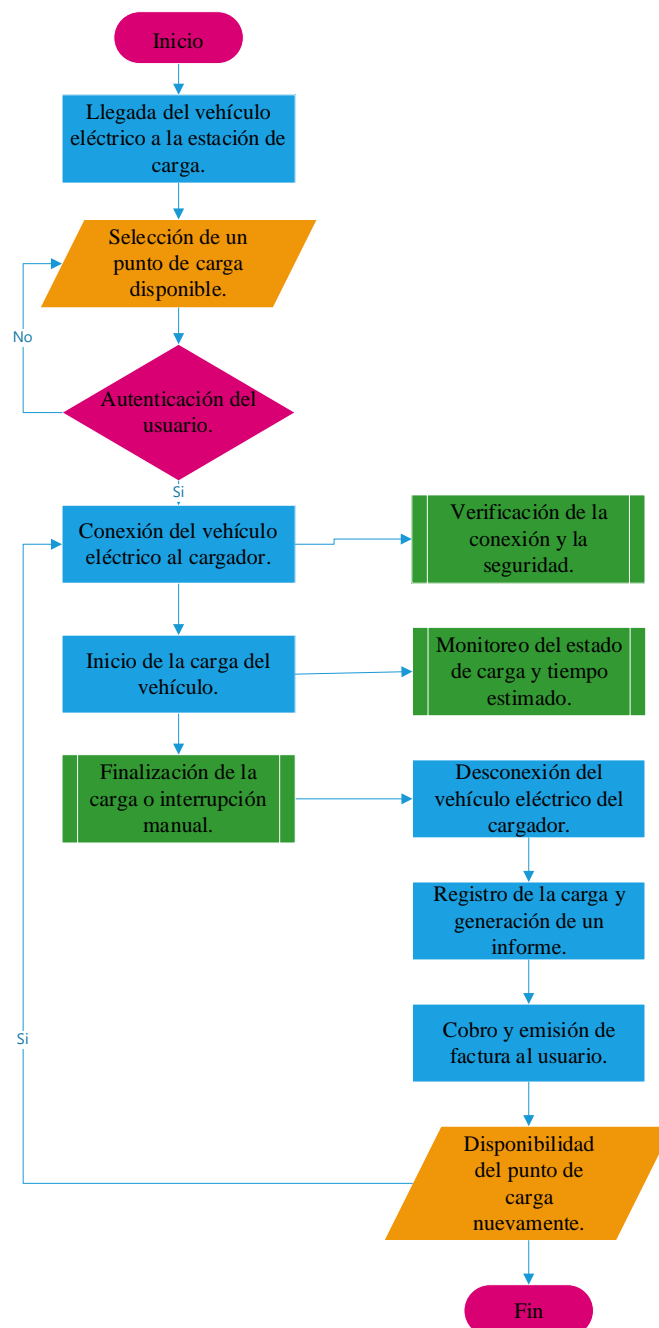


Figura 9. Proceso de una electrolinera

El procedimiento del diagrama anterior especifica la que un usuario debe seguir en una electrolinera, desde el ingreso hasta el pago.

3.7 Alcance de una electrolinera

Como se ha mencionado previamente, en la actualidad en Ecuador no existe una entidad reguladora encargada de otorgar o establecer los criterios necesarios para implementar distintas estructuras de carga eléctrica. No obstante, tomando como referencia los estándares presentes en los mercados internacionales que cuentan con este tipo de infraestructuras, a continuación, se presentan algunos requerimientos generales para su implementación.

Para el diseño del proyecto de electrolinera se sigue los siguientes parámetros que comprendería la recarga en el modo 4 de carga rápida con corriente directa DC; los requerimientos para el diseño del sistema están descritos a continuación mediante el cálculo de la capacidad de potencia que tiene la infraestructura y la requerida por el sistema.

El sistema de recarga de vehículos eléctricos tiene características similares al de un vehículo convencional por ende la aplicación de las electrolineras debe ser similar a una gasolinera, ya que un vehículo debería tardar un promedio de 15 a 30 minutos en realizar una recarga del 80 % de la capacidad de la batería [30].

3.8 Sistema de conexión entre la electrolinera y el vehículo eléctrico

La carga de vehículos eléctricos se está desarrollando de manera diversa en distintas regiones y para diferentes usos. Sin embargo, existen tres descriptores comúnmente

aceptados para los dispositivos de suministro de energía para vehículos eléctricos (EVSE), que incluyen los cargadores de distintos niveles.

Nivel: El nivel denota la cantidad de energía eléctrica proporcionada al automóvil. La Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE, por sus siglas en inglés) establece los siguientes niveles en la norma J1772:

El nivel 1 opera a 120 V y 1,8 kW, brindando una carga básica.

El nivel 2 abarca desde 208 V hasta 240 V, con una corriente que puede llegar a 80 A y una potencia máxima de 19,2 kW. Conforme los fabricantes de equipos originales aumentan las capacidades de las baterías, también se incrementa la potencia dentro de este rango. Los vehículos eléctricos de batería (BEV) actuales pueden absorber hasta 11 kW de energía en corriente alterna mediante sus cargadores integrados. Las residencias con sistemas de alimentación trifásica pueden alcanzar 11 kW con una corriente de 16 A, mientras que una fuente monofásica requeriría alrededor de 48 A [31].

El nivel 3 (CHAdeMO, CCS, Tesla Supercharger): Estos son tipos específicos de cargadores de corriente continua que utilizan diferentes estándares de carga rápida. CHAdeMO es un estándar utilizado principalmente por vehículos eléctricos japoneses, mientras que CCS (Combined Charging System) es un estándar utilizado principalmente en Europa y América del Norte. El Tesla Supercharger representa un sistema de carga veloz especialmente diseñado para vehículos Tesla, ofreciendo una exclusividad de carga. Estos dispositivos también tienen la capacidad de recargar un vehículo eléctrico en menos de sesenta minutos [32].

3.9 Diseño de la electrolinera

Diseñar una electrolinera implica considerar varios aspectos técnicos y operativos.

3.9.1 Requerimiento de potencia.

La carga prevista que se espera para la electrolinera involucra analizar la cantidad de vehículos eléctricos proyectados para su uso y la energía necesaria para su recarga. Según proyecciones del ARCERNNR al 2025 se tendría un aproximado de 5500 vehículos eléctricos en el país, para el diseño y según datos obtenidos en los puntos anteriores se diseña una estación electrolinera con dos puntos de recarga, se analiza el consumo que tiene un cargador de la marca CIRCUTOR modelo RAPTION 50 CCS1 T1C32 con una potencia requerida de 75 KVA a 480 VAC y una corriente máxima de entrada de 108 A [33]. La ficha técnica del equipo se detalla en el apartado de ANEXO 1.

La potencia requerida se expresa en la tabla 8.

Tabla 8: *Potencia requerida por la electrolinera*

Cantidad Estaciones	Capacidad de alimentación necesaria	Voltaje	Numero de fases	Factor de potencia	Potencia activa demandada
1	75 kVA	480 V	3F+N+PE	0.95	71.25 KW
2	75 kVA	480 V	3F+N+PE	0.95	71.25 KW
Servicios adicionales	5.2 kVA	220 V	2F	0.95	5 KW
Total	155.2 kVA				105 KW

- Potencia aparente total demandada: 155.2 KVA
- Potencia activa total demandada: 147.5 KW

Para que la instalación de la electrolinera tenga un funcionamiento óptimo, la potencia del transformador de suministro tiene que ser mayor a la demanda requerida, por ende, seleccionamos un transformador trifásico de 200 KVA.

3.9.2 Potencia de salida las estaciones de carga

La carga a su máxima capacidad para vehículos eléctricos es de 50 kW por cada estación de carga.

$$\text{Pot. total de carga} = \text{número de estaciones de carga} * \text{Potencia de carga}$$

$$\text{Potencia Total} = 2 * 50KW = 100KW$$

3.9.3 Consumo de la electrolinera

El suministro en la ciudad de Riobamba en redes de media tensión es de 13.8 kV/ 60 Hz.

Se considerará entonces un transformador trifásico de 200 KVA con un voltaje en el primario de 13.8 KV y con una salida de baja de 480 V.

Cálculo de corrientes:

Las intensidades nominales de la electrolinera en el primario y el secundario del transformador se calculan dividiendo la potencia nominal del mismo por sus voltajes, aplicando la siguiente fórmula:

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} * V}$$

Donde

I_n es la intensidad nominal [A]

S es la potencia aparente del transformador [kVA]

V es el voltaje de la red [V]

Intensidad de la red al transformador:

$$I = \frac{200 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 13.8 \text{ kv}}$$

$$I = 8.37 \text{ A Corriente en el primario}$$

Intensidad nominal en el secundario del transformador:

$$I = \frac{200 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 0.480 \text{ V}}$$

$$I = 240,56 \text{ A Corriente en el secundario}$$

Corriente nominal consumida por cada estación de carga, según dato de placa: 108A

Potencia activa consumida por cada estación de carga:

Cada estación de carga tiene un factor de potencia de 0.98, según su dato de placa.

$$P = S * FP$$

$$P = 75\text{KVA} * 0.98 = 73.5 \text{ KW}$$

Intensidad consumida por servicios adiciones, considerando un FP de 0.98:

$$I = \frac{5 \text{ KW}}{\sqrt{3} * 0.220 \text{ V} * 0.98}$$

$$I = 13.4 \text{ A}$$

3.9.4 Dimensionamiento de conductores

Los conductores eléctricos deben dimensionarse para soportar la carga de corriente esperada sin generar sobrecalentamiento.

El proceso de cálculo de la sección basado en la corriente permitida es un método empleado para establecer el dimensionamiento apropiado de un cable conductor en un sistema eléctrico. Esto se basa en la corriente máxima que puede transitar por el conductor sin exceder sus límites de capacidad de corriente establecidos.

Si el conductor es muy pequeño para la carga eléctrica que debe soportar, podría sobrecalentarse y causar daños o incluso riesgo de incendio. Por otro lado, si el conductor es demasiado grande para la corriente requerida, implicaría un gasto innecesario de materiales y recursos.

El resultado del cálculo proporcionará la sección transversal adecuada del conductor, expresada generalmente en milímetros cuadrados (mm^2) o en AWG (American Wire Gauge), que garantice que la intensidad de corriente no supere los límites de capacidad del conductor.

Realizar el cálculo de la sección mediante la intensidad admisible es esencial en todos los circuitos eléctricos, con el propósito de garantizar un funcionamiento adecuado, asegurar la seguridad de las instalaciones y prevenir posibles riesgos eléctricos.

- Selección de conductor para acometida trifásica en media tensión para alimentar al transformador

Para seleccionar los conductores, directamente nos basaremos en la normativa NEC. Para la conexión de la red de distribución trifásica con el lado primario del transformador de 13.8 KV, de acuerdo a la tabla 9 referente a la especificación 310-60(c)(77) del NEC (detalle1), seleccionamos conductores individuales de cobre calibre #2 AWG o 35 mm^2 , ya que esta es la mínima sección permitida para líneas de media tensión, con aislamiento XLPE, una temperatura del suelo de 20°C y temperatura del conductor de 90°C , para alimentar al transformador mediante un ducto subterráneo de tres conductores.

Tabla 9: TABLA 310-60(c)(77) del NEC (detalle1),

Ampacidad de tres conductores de cobre, individualmente aislados, en ductos eléctricos subterráneos (tres conductores por ducto eléctrico), con base en una temperatura ambiente de la tierra de 20 °C, el montaje de los ductos eléctricos según se indica en la Figura 310-60, factor de carga del 100 por ciento, resistencia térmica (RHO) de 90 °C, temperaturas del conductor de 90 °C y 105 °C



Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor [Véase la Tabla 310-104(c)]			
		Ampacidad para 2001-5000 volts		Ampacidad para 5001-35000 volts	
mm ²	AWG o kcmil	Temperatura de los conductores de media tensión en °C			
		90	105	90	105
Un circuito (Véase la Figura 310-60, Detalle 1)					
8.37	8	64	69	-	-
13.3	6	85	92	90	97
21.2	4	110	120	115	125
33.6	2	145	155	155	165
42.4	1	170	180	175	185
53.5	1/0	195	210	200	215
67.4	2/0	220	235	230	245
85	3/0	250	270	260	275
107	4/0	290	310	295	315
127	250	320	345	325	345
177	350	385	415	390	415
253	500	470	505	465	500
380	750	585	630	565	610
507	1000	670	720	640	690

- Selección de conductor para conexión eléctrica entre el secundario del transformador con el tablero de distribución.

La corriente nominal en la salida del transformador es de 240.56 A. Debido a que es un valor de corriente alto, la mejor alternativa es emplear dos conductores por fase. Según la tabla 10 referente a la especificación B.310.15(B)(2)(7) del NEC, seleccionamos conductores individuales de cobre calibre #2 AWG o 35 mm² THWN, con una ampacidad de 132 A a una temperatura del suelo de 20°C y temperatura del conductor de 75°C, para alimentar al tablero de distribución, obteniendo un total de 264 A de capacidad de conducción.

- Selección de conductor para la conexión eléctrica entre tablero de distribución y las estaciones de carga.

Como ya se ha mencionado, la corriente nominal de entrada a cada estación de carga es de 108 A, según su ficha técnica. De acuerdo a la tabla 10 referente a la especificación B.310.15(B)(2)(7) del NEC, seleccionamos conductores de cobre calibre #2 AWG o 35 mm² tipo THWN cuya ampacidad máxima es de 132 A a una temperatura del suelo de

20°C y temperatura del conductor de 75°C, para alimentar desde el tablero de distribución principal a cada estación de carga, mediante un ducto subterráneo.

Tabla 10: TABLA B.310.15(B)(2)(7) del NEC

Tamaño o Designación		1 Ducto Eléctrico (Fig. B.310.15(B)(2)(2), Detalle 1)			3 Ductos Eléctricos (Fig. 310.15(B)(2)(2), Detalle 2)			6 Ductos Eléctricos (Fig. 310.15(B)(2)(2), Detalle 3)		
mm ²	AWG o kcmil	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE			Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE			Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE		
		RHO	RHO	RHO	RHO	RHO	RHO	RHO	RHO	RHO
COBRE										
		60	90	120	60	90	120	60	90	120
		LF	LF	LF	LF	LF	LF	LF	LF	LF
		50	100	100	50	100	100	50	100	100
8,367	8	63	58	57	61	51	49	57	44	41
13,3	6	84	77	75	80	67	63	75	56	53
21,15	4	111	100	98	105	86	81	98	73	67
26,67	3	129	116	113	122	99	94	113	83	77
33,62	2	147	132	128	139	112	106	129	93	86
42,41	1	171	153	148	161	128	121	149	106	98
53,49	1/0	197	175	169	185	146	137	170	121	111
67,43	2/0	226	200	193	212	166	156	194	136	126
85,01	3/0	260	228	220	243	189	177	222	154	142
107,2	4/0	301	263	253	280	215	201	255	175	161
127	250	334	290	279	310	236	220	281	192	176
152	300	373	321	308	344	260	242	310	210	192
177	350	409	351	337	377	283	264	340	228	209
203	400	442	376	361	394	302	280	368	243	223
253	500	503	427	409	460	341	316	412	273	249
304	600	552	468	447	511	371	343	457	296	270
355	700	602	509	486	553	402	371	492	319	291
380	750	632	529	505	574	417	385	509	330	301
405	800	654	544	520	597	428	395	527	338	308
456	900	692	575	549	628	450	415	554	355	323
507	1000	730	605	576	659	472	435	581	372	338

Realizamos el cálculo de la sección por cortocircuito basándonos en los datos del transformador. Nuestro objetivo es determinar las impedancias de línea y del transformador, como se muestra en la figura 10. Esto nos permitirá verificar el valor del cortocircuito mínimo y garantizar que la protección se active adecuadamente en caso de un cortocircuito.

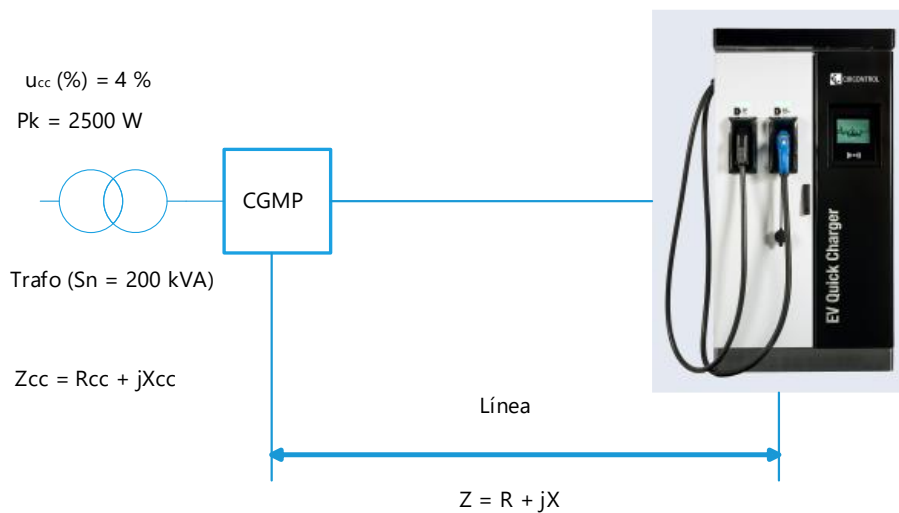


Figura 10. Diagrama estableciendo las impedancias del sistema

Para el cálculo de la impedancia máxima de la línea, seguimos las directrices de cálculo de cortocircuitos, las cuales toman en cuenta una temperatura de 145°C para el conductor en cortocircuito. Esto implica dividir el valor de la conductividad a 20°C por 1,5. No obstante, es relevante señalar que se puede considerar el uso de valores diferentes si se calcula la temperatura máxima probable del conductor, considerando el tiempo de respuesta de las protecciones de sobre corriente [36].

$$R_{145} = R_{20} \cdot (1 + \alpha \cdot (145 - 20))$$

Con una sección de 35 mm² para el conductor calculado por la corriente de consumo la resistencia del conductor a 20 °C es de 0.554 Ω/km (valor obtenido de UNE EN 60228) [37].

Coefficiente de variación de resistencia específica por temperatura del conductor en °C es 0.00392.

$$R_{145} = 0,554 \times (1 + 0,00392 \times (145 - 20)) = 0,826 \text{ } \Omega/\text{km}$$

Con una longitud de 45 metros

$$R = 0,826 \text{ } \Omega/\text{km} \times 0,045 \text{ km} = 0,037 \text{ } \Omega$$

Considerando un valor comúnmente aceptado de 0.08 ohmios por kilómetro para la reactancia en conductores [38], tal como se indica en la norma francesa UTE C 15-105 y la norma UNE-HD 60364-5-52, obtenemos:

$$X = 0,08 \text{ } \Omega/\text{km} \times 0,045 \text{ km} = 0,0036 \text{ } \Omega$$

El valor de la impedancia de la línea resultará en:

$$Z = R + jX = 0,037 + 0,0036j$$

Continuamos con el cálculo de la impedancia de cortocircuito del transformador:

La impedancia de cortocircuito en términos de porcentaje, considera en sus especificaciones del transformador, un valor de 4% [39].

$$u_{cc} (\%) = 4 \%$$

Utilizando la fórmula que establece la relación entre el porcentaje de caída de tensión por cortocircuito ($u_{cc} (\%)$) y la impedancia de cortocircuito (Z_{cc}):

$$Z_{cc} = \frac{u_{cc}(\%) \cdot U^2}{100 \cdot S_n}$$

Donde:

$Z_{cc}(\%)$: impedancia de cortocircuito

U : voltaje de línea

S_n : potencia del transformador

$$Z_{cc} = \frac{4 * 480^2}{100 * 200000} = 0.04\Omega$$

Y para calcular la resistencia de los devanados, se utiliza la potencia de pérdidas debido al efecto Joule, tiene valor aproximado de potencia de pérdidas de 2500 W [40].

$$P_k = 3R_{cc} \cdot I_n^2$$

$$R_{cc} = \frac{P_k}{3 \cdot I_n^2} = \frac{2500}{3 * 240.56^2} = 0.01\Omega$$

Aplicando el teorema de Pitágoras:

$$X_{cc} = \sqrt{Z_{cc}^2 - R_{cc}^2} = \sqrt{0.04^2 - 0.01^2} = 0.03 \Omega$$

$$Z_{cc} = R_{cc} + jX_{cc} = 0,01 + 0,03j$$

Considerando una disminución del 20 % en la tensión de suministro, de acuerdo con la GUÍA-BT-ANEXO 3 [36]:

$$I_{cc} = \frac{0.8 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot |\vec{Z} + \vec{Z}_{cc}|} = \frac{0.8 * 480}{\sqrt{3} * |0.047 + 0.0336j|} = 3837.34 \text{ A}$$

Dado que el interruptor automático pertenece a la categoría de curva C, su operatividad se garantiza para 10 veces la corriente nominal, siguiendo los estándares establecidos en la norma UNE-EN 60898:

$$10 \times 108 = 1080 < 3837.34 \text{ A}$$

3.9.5 Ubicación de la estación de carga y disposición de los cargadores

La consideración de la disposición física para el uso del espacio de las estaciones de carga en Riobamba se destacan los siguientes puntos:

Demanda y accesibilidad: Riobamba, como una ciudad con una población significativa y en constante crecimiento, presenta un mercado potencial para vehículos eléctricos en aumento. Además, su red en carreteras bien desarrollada facilita el acceso a la ciudad desde diferentes regiones, lo que aumenta la posibilidad de atraer a conductores de vehículos eléctricos en tránsito.

Infraestructura eléctrica: Riobamba cuenta con una infraestructura eléctrica establecida que puede respaldar la carga de vehículos eléctricos.

Disponibilidad de terreno: En Riobamba, es posible encontrar terrenos adecuados para la construcción de una electrolinera. La ciudad ofrece una variedad de áreas con espacio suficiente para instalar las estaciones de carga y las infraestructuras complementarias necesarias, como estacionamientos para vehículos eléctricos.

Proximidad a vías principales: Riobamba se encuentra en una ubicación estratégica con acceso a importantes vías de transporte, como la Panamericana Norte y la Panamericana Sur. Esta ubicación cercana a vías principales es beneficiosa para atraer a conductores de vehículos eléctricos que transitan por estas rutas, ya que la electrolinera estaría convenientemente ubicada en su trayecto.

Estos factores combinados hacen de Riobamba un lugar atractivo para el desarrollo de una electrolinera exitosa, el punto escogido para la implementación será la parroquia de Lizarzaburu por las ventajas que presenta el lugar como estar cerca de lugares como centros universitarios, centros de alojamiento, y por el alto tráfico vehicular, específicamente nos centraremos en la Avenida Lizarzaburu, lo más cerca posible al centro comercial MULTIPLAZA como muestra la figura 11, la implantación de la electrolinera dependerá del ordenamiento municipal y la obra civil.

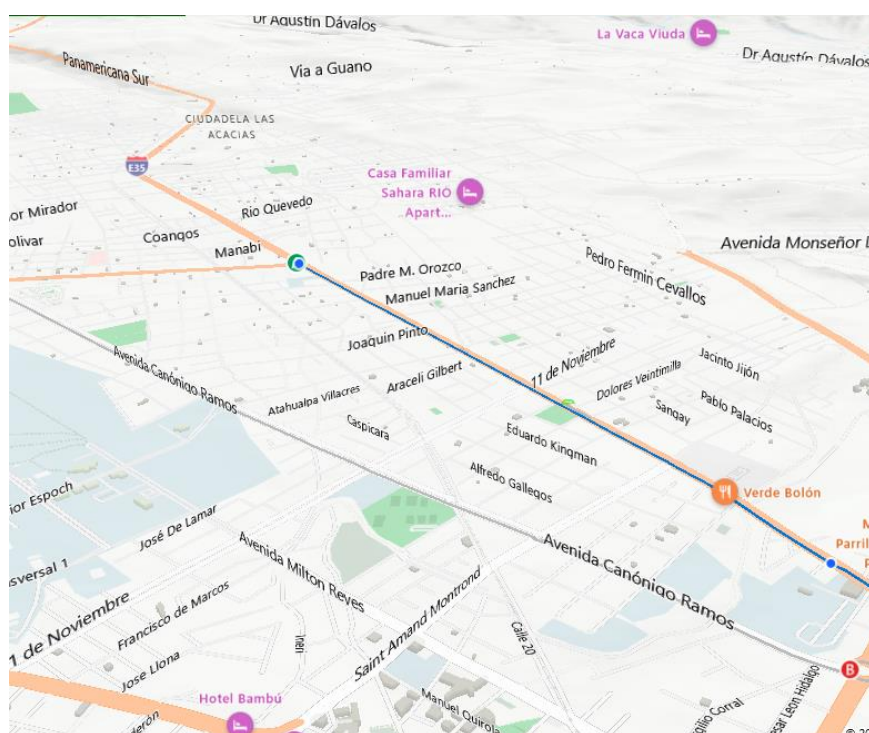


Figura 11. Geografía del lugar para la electrolinera

El diseño estructural de una electrolinera debe tener en cuenta varios aspectos para garantizar la seguridad, eficiencia y funcionalidad del sistema. Requiere una base sólida

para soportar las cargas estructurales y resistir fuerzas externas, como el viento y los sismos.

La electrolinera necesita un sistema eléctrico interno para distribuir la alimentación hacia las estaciones de carga. Esto incluye columnas o postes de carga, conectores eléctricos, sistemas de control y medición, y paneles informativos para brindar información a los usuarios. Se debe considerar un sistema de drenaje adecuado para evitar inundaciones y acumulación de agua en la electrolinera.

A continuación, se presentan algunos aspectos generales del diseño estructural de una electrolinera. Es fundamental tener en cuenta que estas pautas pueden variar y requerir consideraciones adicionales según los requisitos locales, las normativas de construcción y las necesidades específicas de cada proyecto, el diseño de la electrolinera de la figura 12, se lo podría realizar en un espacio con una disposición de estacionamiento tipo batería.

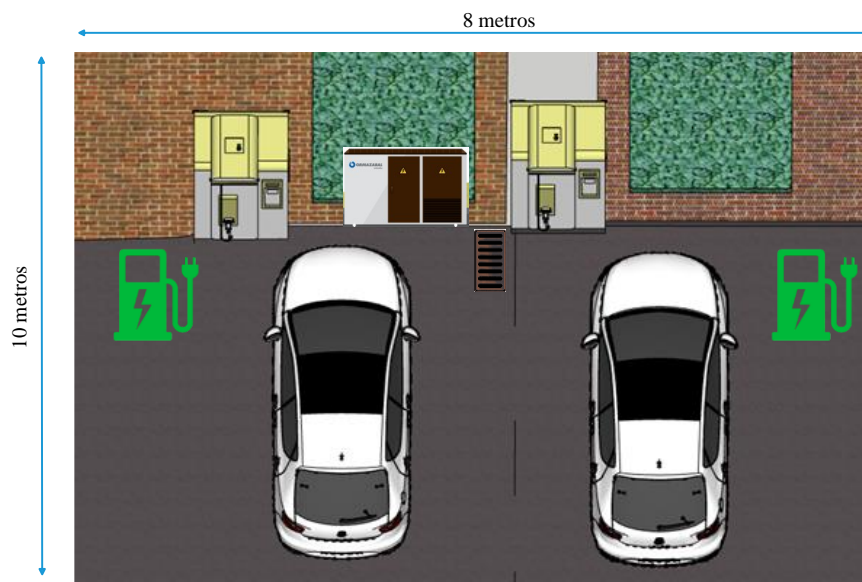


Figura 12. Estacionamiento de la electrolinera

3.10 Desarrollo de la infraestructura del sistema eléctrico

Con el propósito de incorporar esta disposición de cargas en la infraestructura de distribución eléctrica a nivel de medio voltaje, junto con las potencias de consumo

descritas en la sección anterior, se utiliza un transformador de distribución trifásico de 13.8 kV a 480 V, con una capacidad de 200 kVA y una configuración Triángulo-Estrella, como se detallan en la figura 13.

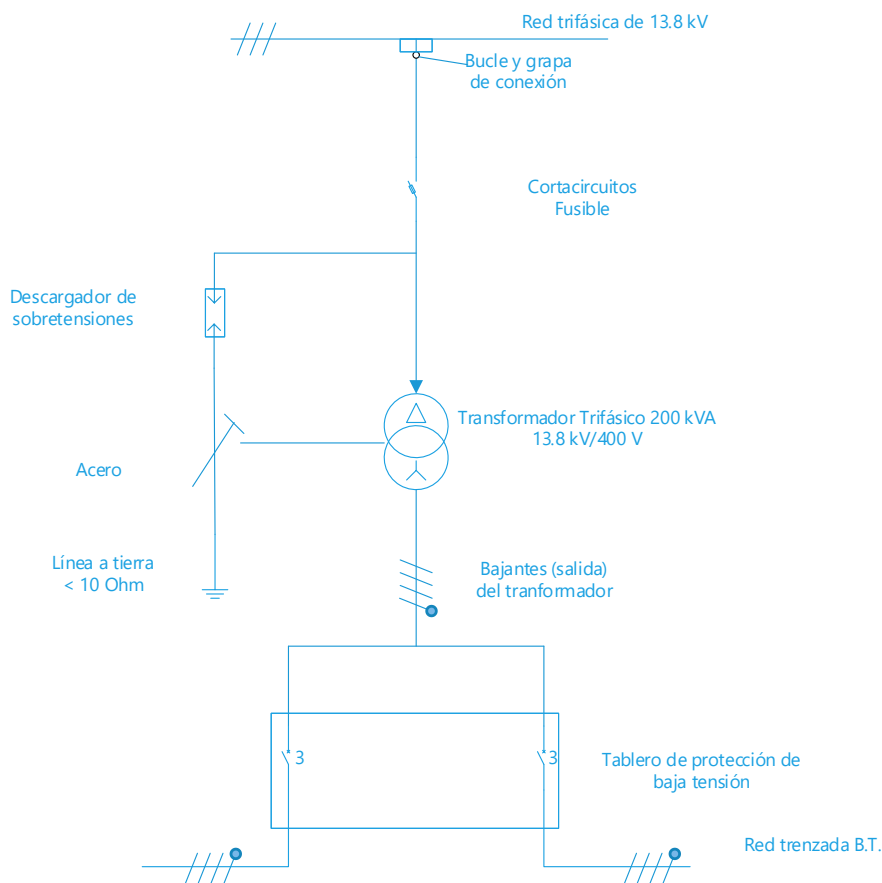


Figura 13. Diagrama eléctrico de la electrolinera

Es crucial considerar el consumo máximo de las electrolineras al determinar el nivel de protección necesario, para prevenir sobretensiones cuando ambas estaciones operan a su máxima capacidad. Este análisis se llevará a cabo siguiendo las especificaciones del Código Eléctrico Nacional (NEC) y las Normas Internacionales.

3.10.1 Interruptor General de Protección

El dispositivo de protección ampliamente utilizado para salvaguardar la caja de distribución de energía hacia los cargadores de vehículos eléctricos es el interruptor de circuito o disyuntor. Esta es una herramienta de seguridad diseñada para detectar corrientes excesivas y abrir el circuito eléctrico, evitando así daños o riesgos de incendio.

En referencia a los cargadores de vehículos eléctricos, se aconseja el empleo de interruptores de circuito de corriente residual (conocidos también como interruptores de circuito de falla a tierra o diferenciales). Estos dispositivos ofrecen una capa adicional de seguridad al supervisar la corriente que fluye hacia y desde el circuito, desconectando la alimentación en caso de detectar una fuga a tierra o corrientes fugas perjudiciales.

Es esencial garantizar que la capacidad de cierre del interruptor supere la corriente de magnetización del transformador. En el contexto del transformador, la proporción entre la corriente de magnetización y la corriente nominal oscila entre 8 y 14 [41]. En consecuencia, en este análisis, se tomará en cuenta un valor equivalente a 14 veces la corriente nominal. La corriente nominal del transformador en baja tensión es:

$$I_n = 240,56 \text{ A}$$

De este modo, la corriente aproximada de magnetización para el transformador es:

$$\frac{I_d}{I_n} = 14$$

$$I_d = 14 \cdot I_n = 14 \cdot 240,56 \text{ A} = 3367,84 \text{ A} \approx 3,37 \text{ kA}$$

Entonces la capacidad del interruptor de cierre debe ser mayor a este valor. No obstante, es relevante señalar que estos valores estimados no representarán las corrientes de cortocircuito exactas del sistema, ya que este informe no abarca un estudio completo del sistema de protecciones. En cambio, se enfoca específicamente en la electrolinera.

El cálculo se realiza para obtener la corriente de cortocircuito trifásica en los terminales de baja tensión (480 V) del transformador de distribución, asumiendo una potencia de cortocircuito infinita en el lado primario:

$$I_{cc} = \frac{I_{n(BT)} \cdot 100}{Uk\%}$$

Donde:

$U_k\%$: Tension de cortocircuito del transformador en %

$I_{n(BT)}$: Corriente nominal en el lado de Baja Tension

La tensión de cortocircuito (U_k) se refiere a la tensión requerida para que la corriente nominal fluya a través de los devanados primario y secundario cuando el secundario está sometido a un cortocircuito.

Para un transformador de 200 kVA el valor de la tensión de cortocircuito es del 4% [39].

Reemplazando:

$$I_{cc} = \frac{240.56 \cdot 100}{4\%}$$

$$I_{cc} = 6.01 \text{ kA}$$

Este valor se refiere a la corriente eficaz en un cortocircuito, que puede causar sobrecalentamiento en equipos y conductores, así como generar riesgos en las partes metálicas al aumentar su potencial peligrosamente. Para calcular la corriente de fallo en el lado de voltaje medio en caso de ocurrir un cortocircuito en el lado de voltaje bajo, se seguirá el siguiente procedimiento:

$$I_{cc(MT)} = I_{cc(BT)} \cdot \frac{V_{BT}}{V_{MT}} = 6.01 \text{ kA} \cdot \frac{0.480 \text{ kV}}{13.8 \text{ kV}}$$

$$I_{cc(MT)} = 209.04 \text{ A}$$

Vamos a determinar la corriente máxima de cortocircuito en el lado de baja tensión, que representa el valor pico de la onda y provoca fuerzas electrodinámicas significativas, especialmente en las barras y conexiones del equipo.

$$I_{cc(cresta)} = I_{cc} \cdot \sqrt{2} = 6.01 \text{ kA} \cdot \sqrt{2} = 8.5 \text{ kA}$$

Con los datos obtenidos, permite seleccionar las protecciones para el lado de baja tensión:

- Intensidad de corto circuito: 6.01 kA.
- Valor máximo instantáneo de la intensidad permitida en un corto período: 8.5 kA.

Con los datos obtenidos en la sección anterior utilizamos un Interruptor Automático ComPacT NSX400H MicroLogic 2.3 400 A 4P4D con una capacidad nominal de 300 A. Ya que la corriente nominal en baja tensión del transformador es 240.56 A, la selección del dispositivo es la correcta, ya que se considera un 25% de margen sobre la corriente nominal para seleccionar la capacidad de protección. Las características se encuentran en el Anexo B.

3.10.2 Protección de media tensión

La protección en el centro de transformación dependerá de la corriente de magnetización y la corriente nominal, como se revisó en la sección anterior. El valor de la corriente de magnetización es 14 veces la nominal, como se expresa en la siguiente ecuación:

$$\frac{I_{inrush}}{I_n} = 14$$

Entonces la corriente Inrush será calculado en el área de media tensión con una corriente nominal de 8.37 A en el lado de media tensión:

$$I_{inrush} = 14 * I_n$$

$$I_n = 8.37$$

$$I_{inrush} = 117.18 \text{ A}$$

La corriente RMS será igual a:

$$I_{rms inrush} = I_n * k$$

Donde el valor de k es 1.9 según la tabla 11:

Tabla 11: Factor k en función de la corriente nominal [42].

In (A)	Tiempo convencional (h)	K Corriente convencional de fusión
$In \leq 4$	1	2.1 In
$4 < In \leq 16$	1	1.9 In
$16 < In \leq 63$	1	1.6 In
$63 < In \leq 160$	2	1.6 In
$160 < In \leq 400$	3	1.6 In
$400 < In$	4	1.6 In

$$I_{rms\ inrush} = 8.37 * 1.9$$

$$I_{rms\ inrush} = 16\ A$$

El fusible tipo K que se necesita para el transformador trifásico dependerá de la corriente nominal y de la protección requerida.

Dicho esto, en general, para seleccionar el fusible adecuado, se busca uno que tenga una corriente nominal ligeramente mayor que la corriente de consumo del transformador. Esto permite que el fusible pueda manejar la corriente normal de funcionamiento y las posibles sobrecargas momentáneas sin activarse innecesariamente.

Por ejemplo, si la corriente de consumo del transformador es de 8.37 amperios en media tensión, y su valor correspondiente de corto circuito es se podría considerar un fusible tipo K con una corriente nominal cercana a ese valor, como un fusible de 10 amperios, tipo 8K, en caso de que se considere un 25% de margen sobre la corriente nominal.

3.10.3 Protección de puesta a tierra

La implementación de sistemas de puesta a tierra en las electrolineras es de suma importancia para asegurar la seguridad eléctrica integral de la instalación y salvaguardar

tanto a los usuarios como a los dispositivos vinculados al proceso de carga de vehículos eléctricos.

Es importante destacar que los procedimientos y requisitos específicos de puesta a tierra pueden variar según la ubicación de la estación y regulaciones locales.

Para realizar el cálculo, primero se debe considerar el tipo de suelo presente en la zona de interés. De acuerdo con la normativa UNE 60.620-88, la resistencia total de la malla a tierra no debe ser mayor a $R = 10\Omega$.

En la parroquia donde se lleva a cabo el análisis, el suelo predominante es del tipo Andisoles y se encuentra en un estado húmedo[43], mostrando un valor promedio de resistividad de 100 ohm/m, según las mediciones realizadas en un punto escogido como la mejor posible ubicación dentro de la zona propuesta, tal como se muestra en la tabla 12 a continuación

Tabla 12: *Calculo de resistividad*

DATOS DEL SITIO			CONDICIONES DEL SUELO		
FECHA	22 de Julio de 2023		COLOR	NEGRO	
CIUDAD	RIOBAMBA		TIPO DE TERRENO	HÚMEDO-PLANO	
UBICACIÓN	AV. Lizarzaburu y calle Luis Felipe Montúfar		TIPO DE SUELO	ANDISOLES	
REFERENCIA	CETRO COMERCIAL "MULTIPLAZA"		ÚLTIMO DÍA LLUVIOSO	19/7/2023	
PERSONAL A CARGO	JAIRO ORDOÑEZ, JORDAN ISBES		TEMPERATURA	20°C	
EQUIPO DE MEDICIÓN			ACCESORIOS DE MEDICIÓN		
MARCA	AEMC4500		ELECTRODOS	COBRE	
FRECUENCIA	128 Hz		TIPO DE CABLE	14 AWG-THHN	
SENTIDO DE LA MEDICIÓN	PROFUNDIDAD DE EXPLORACIÓN(m)	a-->SEPARACION DE	CORRIENTE DE PRUEBA (mA)	R-->RESISTENCIA MEDIDA (Ω)	RESISTIVIDAD (Ω -M)
					$\rho=2\pi*R*a$
N-S	0,8	1	2	18,66	117,24
E-O	0,8	1	2	13,94	87,58
PROMEDIO					102,41 \approx 100

La tabla 13 indica los valores de resistividad y coeficientes de los materiales conductores.

Tabla 13: Resistividad y coeficiente de temperatura de los materiales conductores [44].

	Resistividad a 20°C ohm-m	Coefficiente de temperatura para la resis- tividad, * α , por C°	Densidad g/cm ³	Punto de fusión, °C
Aluminio	2.8×10^{-8}	3.9×10^{-3}	2.7	659
Cobre	1.7×10^{-8}	3.9×10^{-3}	8.9	1 080
Carbono (amorfo)	3.5×10^{-5}	-5×10^{-4}	1.9	3 500
Hierro	1.0×10^{-7}	5.0×10^{-3}	7.8	1 530
Manganina	4.4×10^{-7}	1×10^{-5}	8.4	910
Niquel	7.8×10^{-8}	6×10^{-3}	8.9	1 450
Plata	1.6×10^{-8}	3.8×10^{-3}	10.5	960
Acero	1.8×10^{-7}	3×10^{-3}	7.7	1 510
Wolframio (tungsteno)	5.6×10^{-8}	4.5×10^{-3}	19	3 400

La configuración de la malla se representa en la figura 14, debe garantizar que se cumpla con el requisito de la resistencia máxima, garantizando así la seguridad tanto del personal que opera el sistema como de los equipos instalados.

Los cálculos para determinar la resistencia, siguiendo el método de Laurent y Niemann, se realizan mediante la siguiente fórmula:

$$R = 0.443 \left[\frac{\rho}{\sqrt{A}} + \frac{\rho}{l} \right]$$

Donde:

A: área de la malla de puesta a tierra en m²

L: longitud total que forma la malla

ρ : resistividad del terreno

3.10.4 Geometría de la malla

El área de mallado a tierra es de 6 x 6 metros.

$$A = l(A) * a(B)$$

$$A = 6m * 6m = 36 m^2$$

La longitud del conductor para el mallado:

$$L = nA + mB$$

n= Cantidad de cables en paralelo en relación a la longitud A

$$n = 4$$

m= Cantidad de cables en paralelo en relación a la longitud B

$$m = 4$$

$$L = (4 * 6) + (4 * 6) = 48 \text{ m}$$

Relación de geometría:

$$\frac{\text{Largo}}{\text{Ancho}} = \frac{6\text{m}}{6\text{m}} = 1$$

La configuración de la malla se establece de la siguiente manera: la separación entre los conductores es de 2 metros en sentido horizontal y vertical, y la profundidad de enterramiento en el suelo es de 0,8 metros.

Las cantidades de conductores de la red, son los siguientes:

A lo largo de la malla (Horizontales) 4 conductores en paralelo.

A lo ancho de la malla (Verticales) 4 conductores en paralelo.

Los metros cuadrados necesarios para abarcar tanto el área horizontal como la vertical son los siguientes:

$$4 \text{ conductores} \times 6 \text{ m} = 24$$

$$4 \text{ conductores} \times 6 \text{ m} = 24$$

$$\text{Total} = 48 \text{ metros de conductores}$$

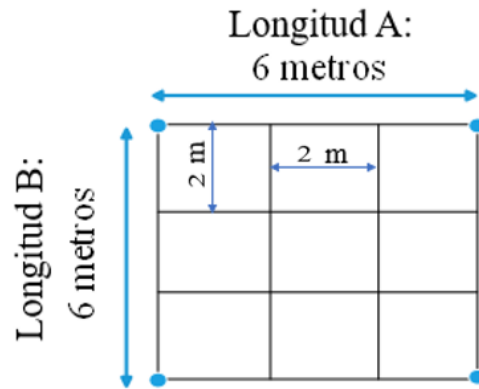


Figura 14. Malla de puesta a tierra

Con una resistencia del terreno de 100 ohm/m:

$$R = 0.443 \left[\frac{\rho}{\sqrt{A\gamma}} + \frac{\rho}{l} \right]$$

$$R = 0.443 \left[\frac{100}{\sqrt{36}} + \frac{100}{48} \right]$$

$$R = 8.30 \Omega$$

Es recomendable que la resistencia sea menor de 10, considerando los datos calculados con el tipo de tierra al límite de su resistencia. Al mantener la resistencia por debajo de este umbral, se logra un nivel óptimo para la puesta a tierra, garantizando un desempeño adecuado del sistema.

4 RESULTADOS

4.1 Resultados obtenidos a partir de la simulación

La integración de una electrolinera en la infraestructura de reparto de energía eléctrica tiene varios efectos que pueden ser considerados tanto positivos como desafíos a superar.

Una electrolinera, también conocida como estación de carga, es un lugar donde los vehículos eléctricos pueden cargar sus baterías. Las principales consecuencias de la implementación de una electrolinera en el sistema de distribución eléctrica son:

Demanda y carga adicional: La implementación de la electrolinera supondrá un aumento en la carga del sistema de distribución eléctrica. El aumento de la demanda de energía podría afectar la carga en los transformadores, cables y equipos de distribución cercanos a la electrolinera.

Necesidad de mejoras en la infraestructura para garantizar un suministro adecuado de energía. Por ende, el sistema cuenta con un transformador trifásico de 200 KV para cubrir la demanda del sistema, también sistema de protección para los equipos ante posibles sobrecargas.

Gestión de la demanda: Las electrolineras pueden crear picos de demanda en ciertos momentos del día cuando varios vehículos eléctricos están cargando simultáneamente.

La integración de electrolineras requerirá una planificación cuidadosa por parte de las compañías de distribución eléctrica. Es importante identificar las ubicaciones estratégicas para las electrolineras, crear una infraestructura capaz de gestionar el aumento proyectado en la adopción de la movilidad eléctrica.

4.1.1 Diseño de la electrolinera

En la continua búsqueda de innovación y sostenibilidad en el ámbito energético, se lleva a cabo un examen exhaustivo de la curva de voltaje y corriente en la fase de media tensión hacia el transformador. Esta etapa crítica en la cadena de suministro eléctrico desencadena una serie de operaciones que influyen directamente en la calidad de la energía suministrada a los consumidores finales. A través de una evaluación de las señales de voltaje y corriente, se puede obtener información valiosa sobre la eficiencia, estabilidad y rendimiento de los componentes eléctricos involucrados, así como detectar anomalías y tendencias que podrían afectar la operación del sistema. La utilización de herramientas como MATLAB, con su capacidad para modelar y simular sistemas eléctricos complejos, se convierte en un recurso invaluable para esta tarea. Esta investigación no solo ofrece la oportunidad de optimizar el diseño y operación de la infraestructura eléctrica, sino que también contribuye al avance de la sostenibilidad energética al posibilitar una administración de recursos más eficaz y precisa. En este escenario, el examen de la configuración de la señal de voltaje y corriente durante la etapa de voltaje medio que conduce al transformador emerge como un ámbito lleno de potencial, enfrentando los retos presentes y venideros en el dominio de la energía eléctrica.

El diseño de una electrolinera en MATLAB involucra varios aspectos de la ingeniería eléctrica y la programación.

Paso 1: Definir Requisitos y Especificaciones

Las especificaciones necesarias para una estación de carga de vehículos eléctricos, tales como la capacidad máxima, cantidad de puntos, la potencia y los protocolos de comunicación, entre otros.

Voltaje de Media tensión: 13.8kV

Capacidad del transformador: 200 kVA

Volataje de suministro en baja tension: 480 V

Paso 2: Modelado del Sistema

Se utiliza MATLAB para crear modelos matemáticos y simulaciones de los componentes clave de la electrolinera, como los cargadores, los transformadores, los rectificadores y los controladores, se utilizó un modelo de convertidor de tipo PWM AC/DC [45].

Paso 3: Simulación de Carga y Rendimiento

Mediante simulaciones en MATLAB se evaluará cómo se comporta la electrolinera bajo las máximas condiciones de carga. Esto permitirá optimizar el diseño y realizar ajustes según sea necesario.

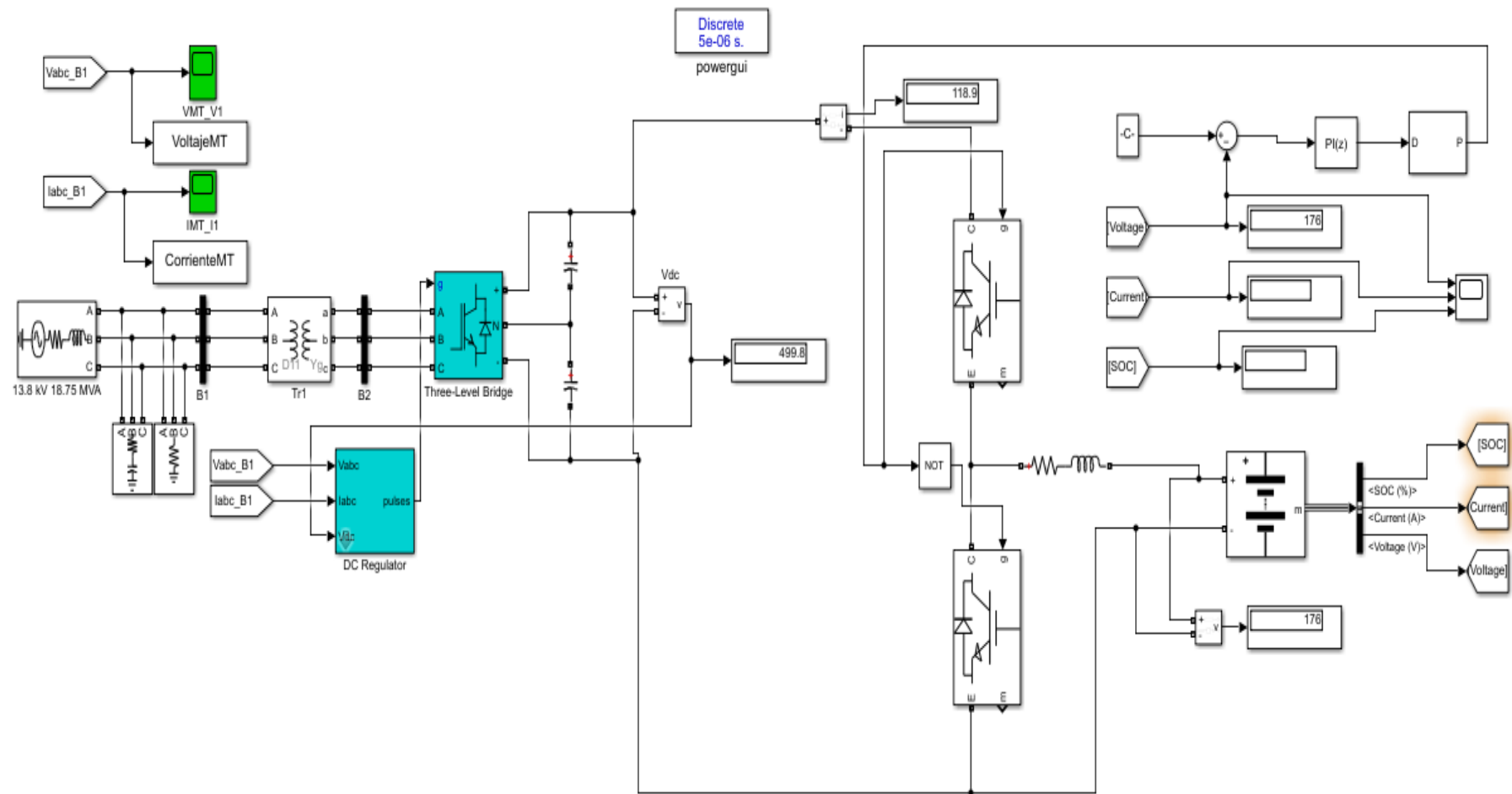


Figura 15. SIMULACIÓN EN MATLAB DE LA ELECTROLINERA

En resumen, el diseño de la electrolinera en la figura 15 se desarrolla en tres etapas interconectadas. En la primera etapa, se recibe la tensión proveniente de la red de distribución a 13.8 kV, que luego se conecta a un transformador de 200 kVA para convertirlo a 480 V. La segunda etapa involucra la implementación de un rectificador para transformar el voltaje de CA a CC, convirtiendo 480 V CA en 500 V CC, ya que este último se encuentra dentro del rango de salida de voltaje DC que permite la estación electrolinera Circutor Raption 50 durante la carga. Por último, la tercera etapa comprende un cargador equipado con controladores que permiten el flujo de energía hacia la batería, donde se almacena para su uso posterior. Estas tres etapas están cuidadosamente diseñadas para asegurar la eficiencia y funcionalidad óptimas de la electrolinera, garantizando un proceso de carga efectivo y confiable para los vehículos eléctricos.

4.2 Impacto del sistema conectado a la red de distribución

Dentro del campo de la ingeniería eléctrica, las señales de voltaje y corriente en sus respectivas formas de onda desempeñan un papel fundamental en la comprensión y el perfeccionamiento de los sistemas de reparto de energía eléctrica, permitiendo la evaluación del rendimiento, la eficacia y la calidad del suministro eléctrico. La forma de onda de voltaje y corriente capturan información detallada sobre la variación temporal de estos parámetros, revelando patrones característicos que pueden indicar fenómenos como desequilibrios, armónicos, fluctuaciones y otras anomalías que podrían afectar la operación óptima del sistema.

4.2.1 Medición de voltaje y corriente en la red de media tensión

Las ondas ilustradas en la figura 16 representan los valores de voltaje obtenidos a través de la simulación de un sistema trifásico en el entorno del software Matlab, utilizando la plataforma Simulink. En esta simulación, se ha observado que no existe ningún tipo de

desfase ni fluctuación en las formas de onda cuando el sistema de carga se encuentra desconectado.

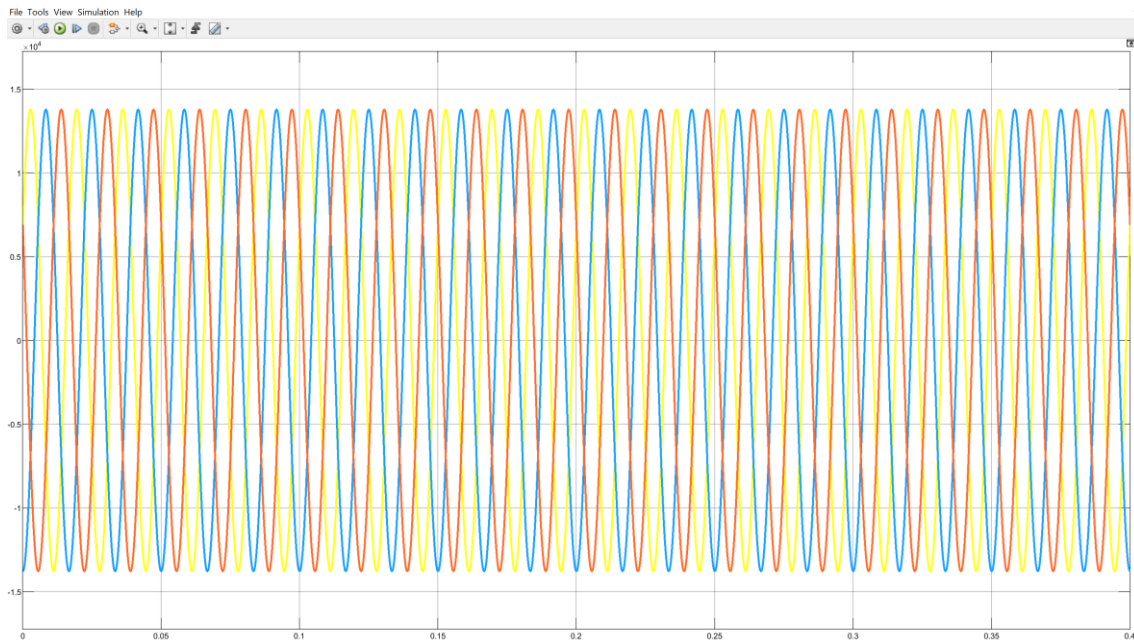


Figura 16. Onda de voltaje en media tensión sin carga

De manera similar a la sección anterior, la Figura 17 que ilustra la corriente con el sistema desconectado se muestra sin perturbaciones ocasionadas por la presencia de armónicos y con un valor reducido debido a la ausencia de una carga conectada.

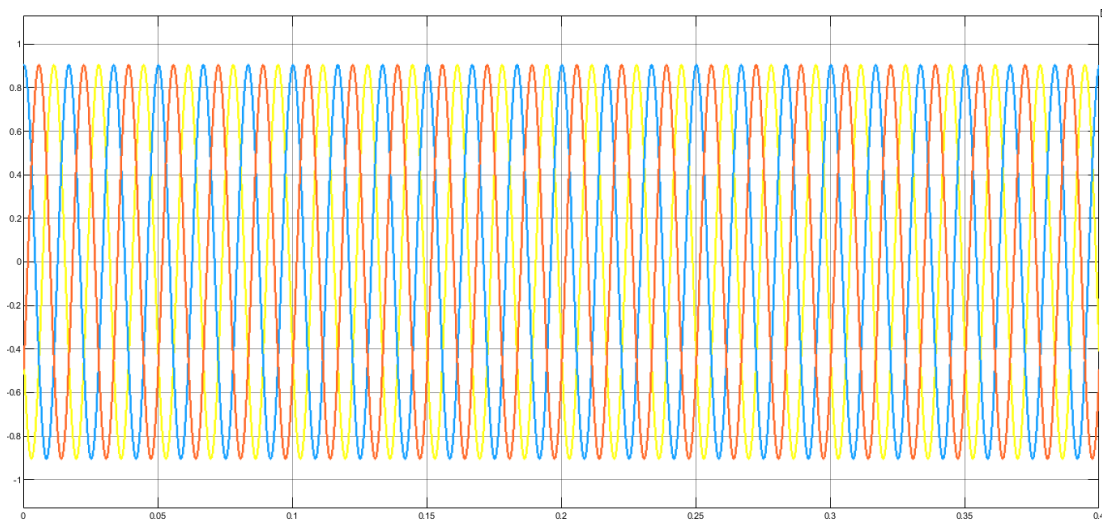


Figura 17. Onda de corriente en media tensión sin carga

4.2.2 Medición de voltaje y corriente con carga

La conexión de los cargadores a una red trifásica puede dar lugar a la generación de armónicos en dicha red. Los armónicos son componentes sinusoidales adicionales que exhiben frecuencias que son múltiplos completos de la frecuencia fundamental de la red eléctrica. Estos armónicos pueden surgir debido a la no linealidad de ciertos dispositivos electrónicos, como es el caso de los cargadores.

Cuando un cargador está conectado a una red eléctrica trifásica, su operación puede generar corrientes no sinusoidales debido a la rectificación y la conversión de energía. Estas corrientes no sinusoidales contienen componentes armónicos, lo que significa que se superponen a la frecuencia primaria de la red eléctrica, que corresponde a 60 Hz. Estos armónicos pueden causar una serie de problemas:

Distorsión Armónica: Impactan en la forma de onda de voltaje y corriente en la red, lo cual podría influir negativamente a equipos y dispositivos conectados.

Sobrecalentamiento: La existencia de componentes armónicos en las corrientes produce sobrecalentamiento en los conductores eléctricos y en los componentes de los dispositivos, lo que puede reducir su vida útil.

Al conectar la carga de la electrolinera al sistema de distribución, se observa en la figura 18 que el comportamiento del suministro energético cambia produciendo un desbalance de la onda.

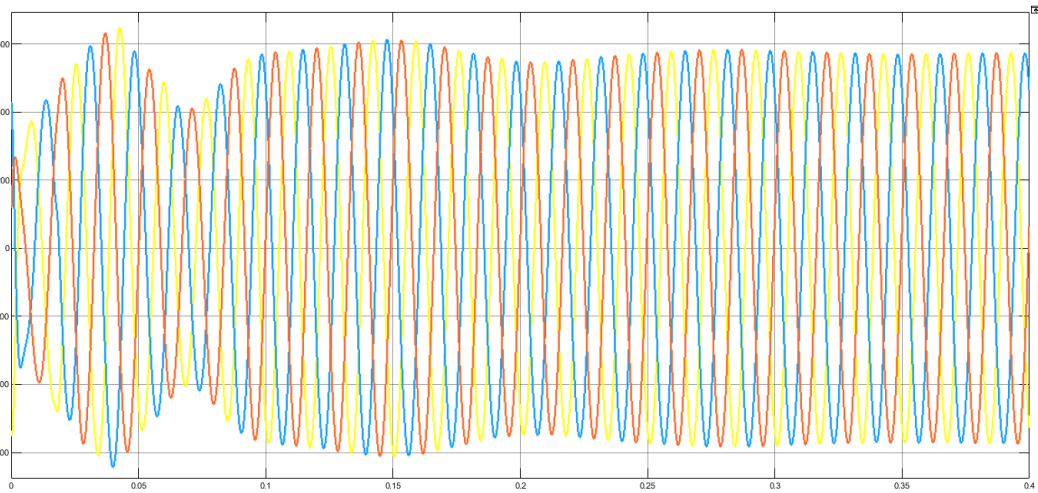


Figura 18. Onda de voltaje de media tensión conectando carga

El cambio de la amplitud en la onda de voltaje de la figura 19, provoca que se distorsione el sistema y genera armónicos con un THD en voltaje de 32.55 %.

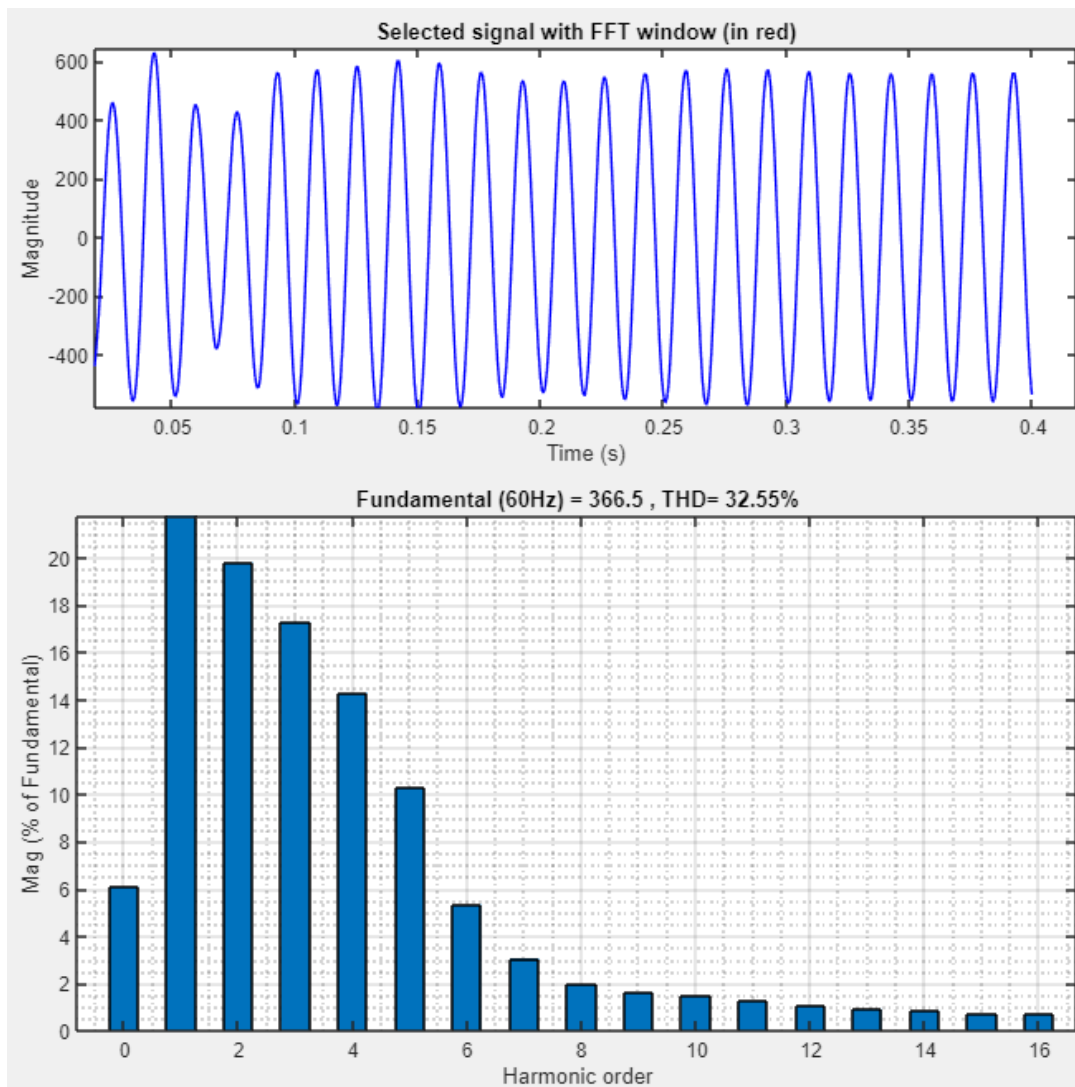


Figura 19. Onda de voltaje de media tensión y distorsión armónica generada por la carga

Los armónicos de corriente causan un flujo de corriente adicional en los conductores y transformadores, lo que resulta en pérdidas de energía no deseada. La incorporación de carga al sistema genera una corriente de consumo que provoca los armónicos y genera un THD de 49.76 % como indica la figura 20.

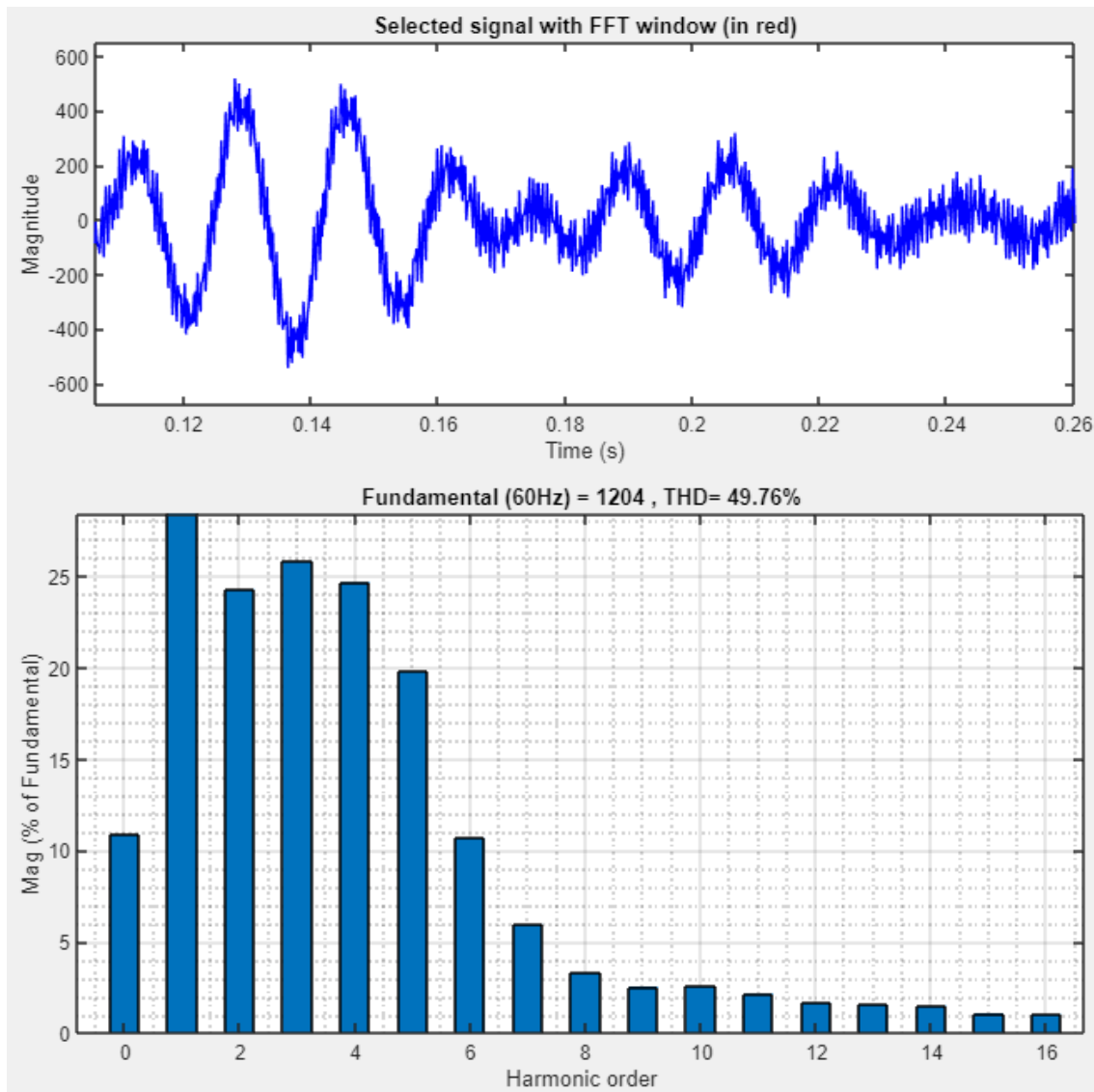


Figura 20. Onda de corriente de media tensión y distorsión armónica generada por la carga

Para mitigar estos problemas, es importante utilizar filtros y dispositivos de corrección que disminuyan las distorsiones armónicas originadas por los cargadores y otros dispositivos con comportamiento no lineal. Además, es fundamental diseñar y seleccionar

cargadores que cumplan con normativas y normas de excelencia, y que estén diseñados para reducir la generación de armónicos.

4.2.3 Optimización de la calidad eléctrica

Para mejorar el sistema se implementa un filtro activo que funciona como una fuente de corriente en simultáneo con la carga, inyectando o absorbiendo corriente.

El filtro activo RL se basa en el principio de que la inductancia (L) de la bobina actúa como un obstáculo para las frecuencias armónicas, permitiendo que solo las corrientes de frecuencia fundamental fluyan sin obstáculos. La resistencia (R) en el filtro ayuda a absorber la energía de los armónicos y disiparla en forma de calor.

Basándonos en las impedancias discutidas en la sección 3, se observó que la impedancia varía en función de la distancia. Para el análisis, se obtuvo un valor de 0.037 ohmios a una distancia de 45 metros. En el contexto de este sistema simulado, se llevó a cabo una prueba utilizando una resistencia de 0.1 ohmios e inductancia de 10 mH, lo cual resultó en resultados positivos.

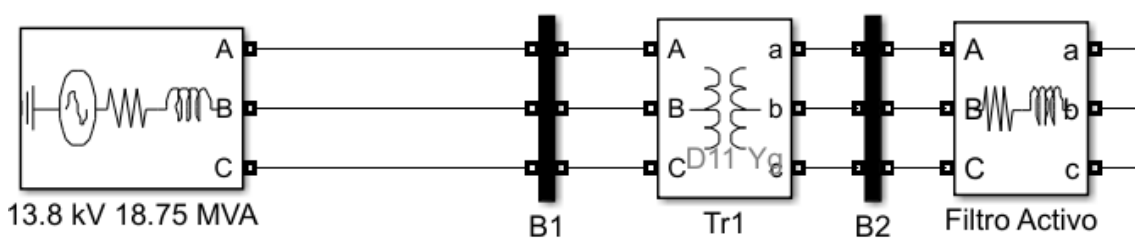


Figura 21. Filtro RL para el sistema trifásico

La implementación de un filtro RL en un sistema trifásico permite reducir significativamente la presencia de armónicos no deseados en la corriente y el voltaje. Este filtro, al incorporar elementos de resistencia y autoinductancia, actúa como una barrera efectiva para las frecuencias armónicas no deseadas, creando un camino preferencial para la corriente fundamental y atenuando las componentes armónicas. La combinación de resistencia y autoinductancia en el filtro RL actúa como un amortiguador selectivo para

las componentes armónicas, ayudando a mantener la calidad del suministro eléctrico y previniendo los impactos negativos de los armónicos en los equipos y sistemas conectados al sistema trifásico.

La implementación de filtro a la distribución de energía se observa en la figura 22 en la onda de voltaje que disminuye el porcentaje de distorsión armónica a un THD de 0.16%

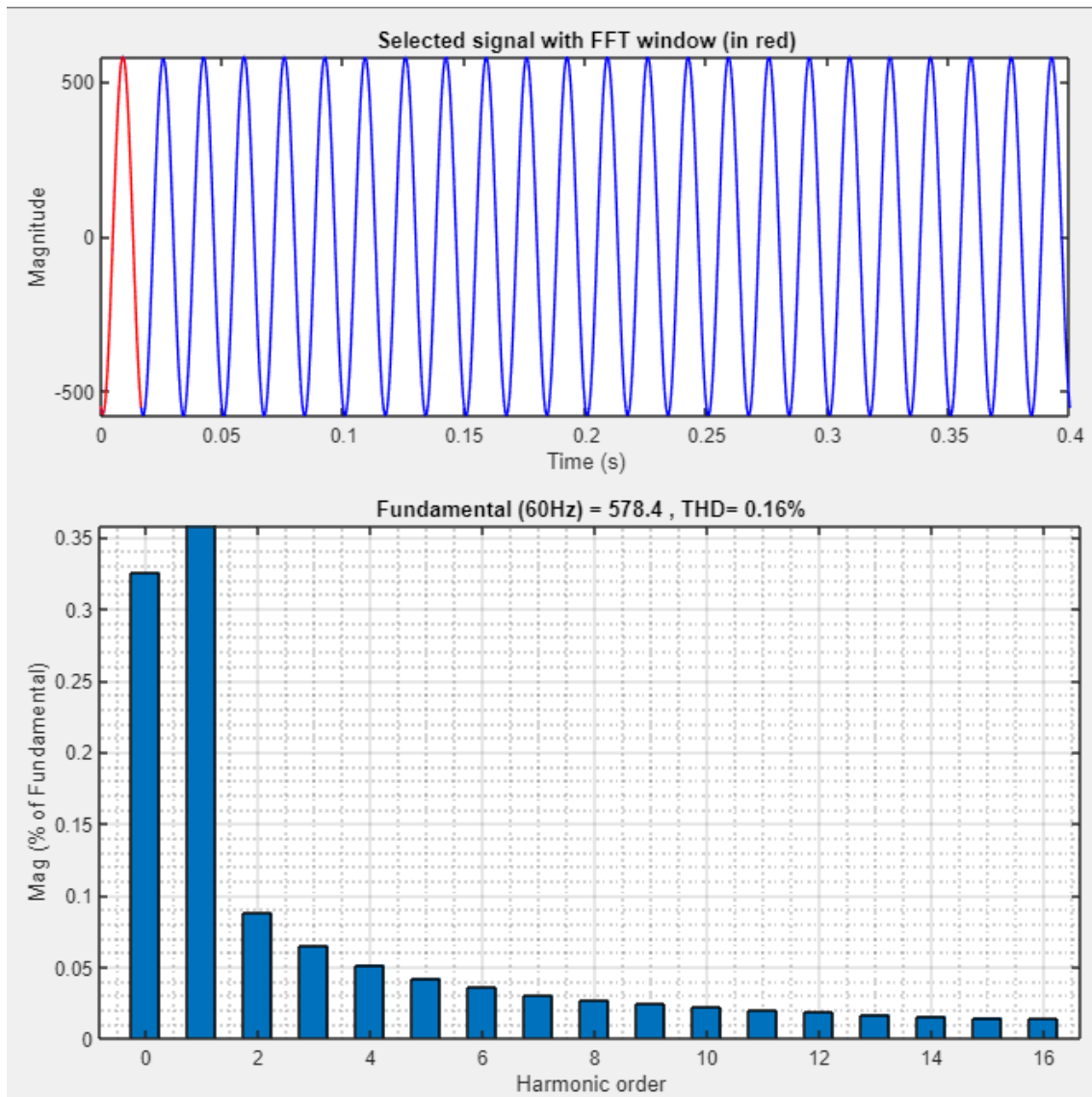


Figura 22. Onda de voltaje de media tensión y distorsión armónica aplicada el filtro

La onda de corriente de la figura 23 al implementar un filtro disminuye la distorsión armónica generando un THD de 2.98 %.

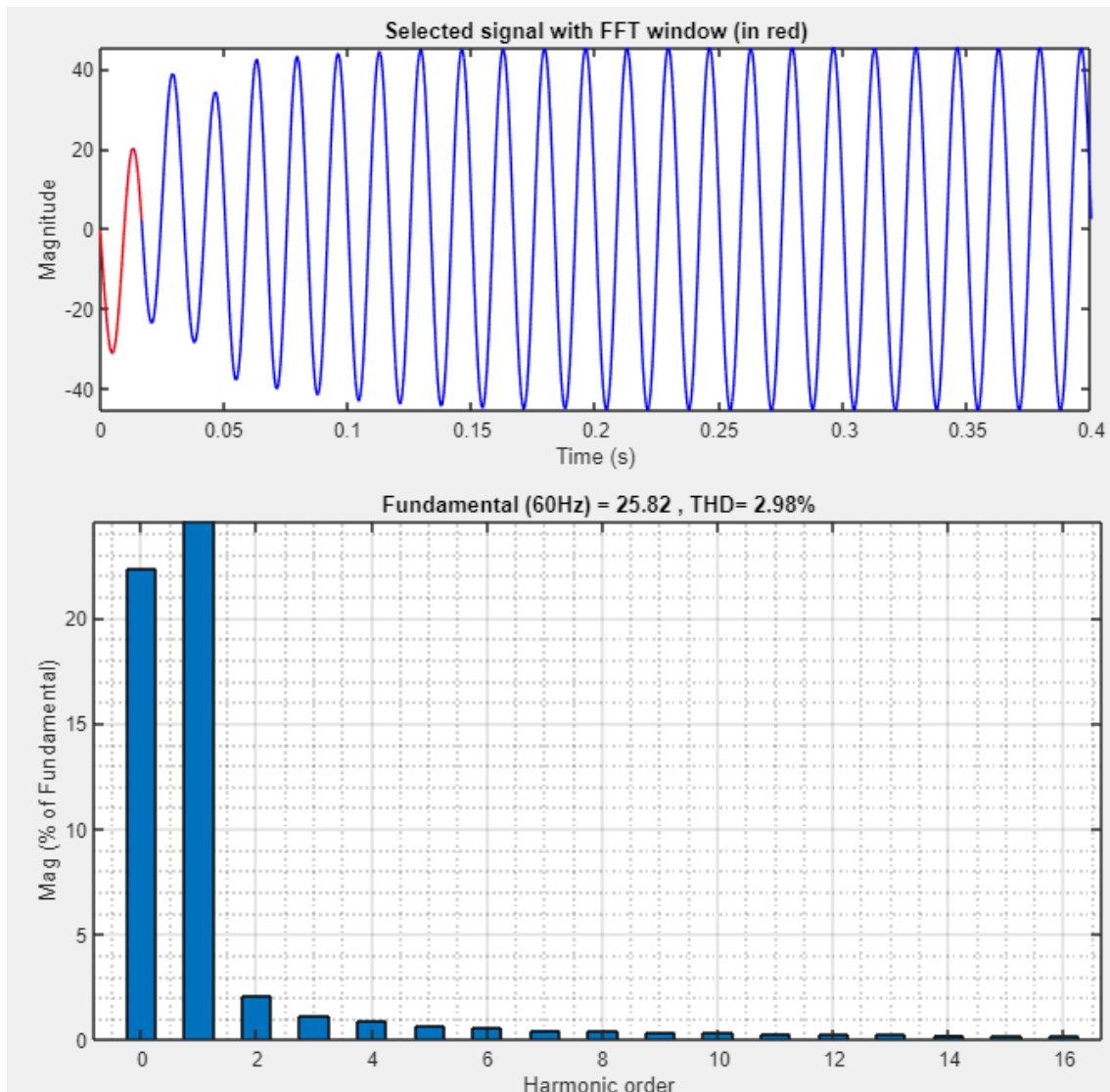


Figura 23. Onda de corriente de media tensión y distorsión armónica aplicada el filtro

La implementación de un filtro en un sistema trifásico ha demostrado un notable impacto en la reducción de la distorsión armónica. Antes de la instalación del filtro, la onda de voltaje presentaba un THD (Total Harmonic Distortion) de 32 %, lo que indicaba la presencia significativa de armónicos no deseados. Sin embargo, con la integración del filtro, el THD de la onda de voltaje disminuyó a 0.16 %, lo que refleja una marcada mejora en la calidad del voltaje suministrado. Además, al examinar la onda de corriente previa a la implementación del filtro, se observaba un THD alto de 49 %, indicando una presencia considerable de armónicos en la corriente. Tras la incorporación del filtro, este valor disminuyó a 2.98 %, evidenciando una reducción significativa en la distorsión armónica

de la corriente. Estos resultados subrayan la eficacia del filtro en atenuar las componentes armónicas no deseadas, mejorando así la calidad general del sistema trifásico. La reducción en los valores de THD tanto en voltaje como en corriente tras la implementación del filtro demuestra claramente los beneficios de esta estrategia para mitigar los problemas asociados con los armónicos en la red eléctrica.

También los resultados de THD obtenidos están dentro de los regímenes de la resolución Nro. ARCERNNR-017/2020 el cual no debe superar el 5 %.

4.3 Carga de una batería mediante simulación

Tomando como prueba la batería de un vehículo KIA SOUL EV que dispone de una capacidad de 30 kWh y puede cubrir distancias de hasta 250 kilómetros con una única carga [46] y por encontrarse dentro del rango de los vehículos tipo SUV más vendidos en el Ecuador y con las características de la tabla 14 se procede a realizar la simulación de la carga de la batería.

Tabla 14: Características eléctricas vehículo Kia Soul EV

Batería	Tipo		Polímero de Litio
	Voltaje (V)		375
	Capacidad	Ah	80
		KWh	30
	Numero de células (Wh/kg)		206
	Peso (kg)		287.6

La simulación realizada en Simulink que modela el comportamiento de una batería, se consideran variables cruciales como el Estado de Carga (SOC), la Corriente (Current) y el Voltaje (Voltage).

El nivel de carga (SOC) indica la proporción de energía almacenada en la batería en comparación con su capacidad máxima. Constituye un indicador esencial para evaluar la disponibilidad del nivel de carga y, por lo tanto, su capacidad para suministrar energía.

La Current representa el flujo de carga entrante o saliente de la batería en un momento dado. Puede ser positiva si la batería se está cargando y negativa si se está descargando.

Finalmente, el Voltage señala la disparidad de potencial eléctrico entre los terminales de la batería y está estrechamente relacionado con su capacidad de suministrar energía.

Por ejemplo, se puede observar cómo el SOC aumenta a medida que se carga la batería y cómo la corriente afecta tanto al SOC como al voltaje en diferentes condiciones de carga.

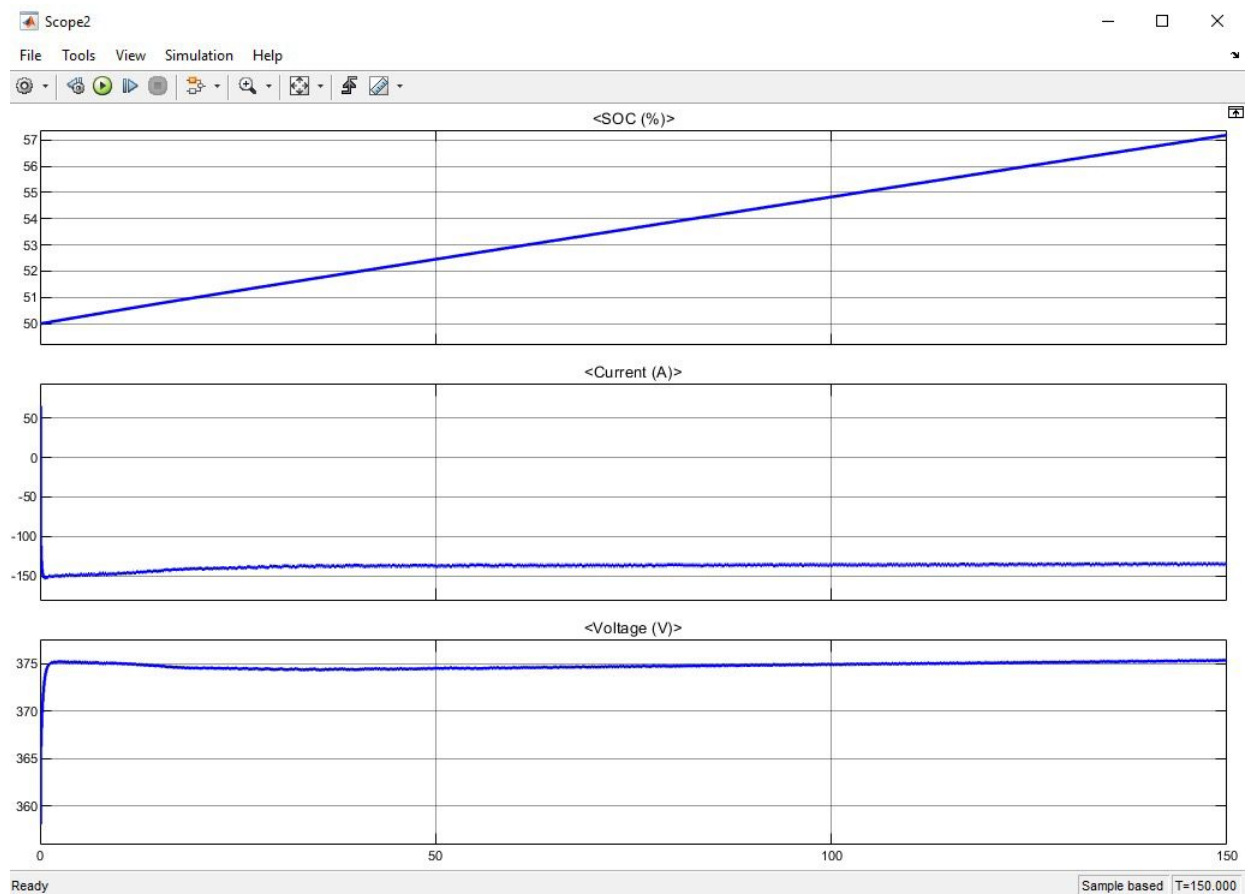


Figura 24. Sistema de carga de un batería (SOC, Current, Voltage)

5 CONCLUSIONES

5.1 Conclusiones

Luego de llevar a cabo diversas revisiones bibliográficas de estándares de diseño de electrolinerías y de profundizar en la adquisición de conocimientos provenientes de varias fuentes de información vinculadas a la recarga de vehículos eléctricos, se ha logrado establecer una sólida base de conocimientos. Mediante un análisis de la estructura de la red de distribución de energía en la localidad de Riobamba, se han identificado puntos estratégicos para la ubicación óptima de la electrolinería, considerando la eficiencia y la accesibilidad en la parroquia Lizarzaburu.

La integración de estaciones de carga para vehículos eléctricos en la red de distribución eléctrica de Riobamba conlleva un significativo beneficio para la economía local. Dada su estratégica ubicación en el corazón del país, se espera una alta demanda debido a su accesibilidad y a la existencia actual de electrolinerías institucionales en la zona. Este impulso se traduce en un importante aporte económico para la ciudad, reforzando su posición como un elemento crucial en la infraestructura de carga destinada a vehículos eléctricos.

El diseño de la electrolinería ha sido llevado a cabo siguiendo las pautas y especificaciones establecidas por el NEC y las Normas Internacionales. La adhesión a estas regulaciones asegura que la electrolinería esté en conformidad con las normativas vigentes.

El análisis por simulación de la electrolinería permitió identificar una distorsión armónica alta en voltaje y corriente con un THD de 32% y 49% respectivamente, y mediante la implementación de un filtro obtuvimos una disminución significativa revelando resultados altamente beneficiosos en relación al mejoramiento de la calidad de la energía proporcionada.

5.2 Recomendaciones

Para prevenir la generación de armónicos y reducir sus efectos perjudiciales en sistemas eléctricos trifásicos debido a la conexión de cargadores u otros equipos no lineales, se recomienda optar por dispositivos de calidad, implementar filtros armónicos y corregir el factor de potencia.

Además, es esencial dimensionar adecuadamente la instalación eléctrica, monitorear la calidad energética en tiempo real, separar cargas no lineales de sensibles, capacitar al personal, cumplir con regulaciones locales y buscar asesoramiento especializado para garantizar un funcionamiento eficiente y seguro.

Promoción de energías renovables en el transporte, mediante la expansión de las electrolineras, puede promover el uso de vehículos eléctricos y aumentar la demanda.

Explorar la viabilidad de incorporar fuentes de energía renovable, como sistemas fotovoltaicos, con el propósito de suplir una porción de la demanda eléctrica requerida por la estación de carga de vehículos eléctricos. Esto no solo contribuiría a la sostenibilidad, sino que también podría reducir costos operativos a largo plazo.

Promover la aceptación y utilización de automóviles eléctricos entre la comunidad y brindar información sobre la ubicación y ventajas de la electrolinera. Campañas de concientización podrían incentivar el cambio hacia un sistema de movilidad más eco amigable.

Al planificar la recarga de un vehículo eléctrico en esta electrolinera, es esencial tener en cuenta las especificaciones técnicas del vehículo. Dado que la electrolinera ofrece opciones de carga rápida, es fundamental seguir el procedimiento adecuado para garantizar una recarga efectiva y segura.

6 BIBLIOGRAFIA

- [1] V. Martínez, “Llega la guerra de las ‘electrolíneas’ por el control del millonario negocio de la movilidad,” *El Mundo*, Madrid, Jan. 14, 2018. Accessed: Jun. 12, 2023. [Online]. Available: <https://www.elmundo.es/economia/macroeconomia/2018/01/14/5a58e20622601d8a438b4636.html>
- [2] UNEP, “Supporting the global shift to electric mobility,” *UNEP - UN Environment Programme*, 2019. <https://www.unep.org/explore-topics/transport/what-we-do/electric-mobility/supporting-global-shift-electric-mobility> (accessed Jun. 12, 2023).
- [3] A. J. Garrido Hernández, M. Santos Peñas, F. Mzoughi, I. Ahmad, and I. Garrido Hernandez, “Electrolínea para vehículos eléctricos: Evaluación del perfil de potencia de turbinas eólicas para estimación de parámetros en baterías de Flujo Redox,” *WWME 2022 IV. Jardunaldia - Berrikuntza eta irakaskuntza energia berriztagarrien aurrerapenetan*, pp. 13–18, 2023.
- [4] J. Gonzalez Padrón, “Instalación almacenamiento de energía y sistema de recarga de vehículo eléctrico en el parque eólico de Arinaga,” Universidad Europea de Madrid, Madrid, 2022.
- [5] EconoSus, “Hay 26 millones de autos eléctricos en el mundo, pero la mitad está solo en un país,” *Economía Sustentable*, May 01, 2023. <https://economiasustentable.com/noticias/hay-26-millones-de-autos-electricos-en-el-mundo-pero-la-mitad-esta-solo-en-un-pais> (accessed Jul. 02, 2023).
- [6] V. Martínez, “Llega la guerra de las ‘electrolíneas’ por el control del millonario negocio de la movilidad,” *El Mundo*, Madrid, Jan. 14, 2018. Accessed: Jul. 02,

2023. [Online]. Available:
<https://www.elmundo.es/economia/macroeconomia/2018/01/14/5a58e20622601d8a438b4636.html>
- [7] G. Máñez Gomis, E. Bermúdez Forn, J. L. Pardo González, and J. Orbea Otazua, “Informe de Movilidad Eléctrica de América Latina y el Caribe 2019,” Nairobi, Nov. 2019. Accessed: Jul. 02, 2023. [Online]. Available:
<https://www.euroclima.org/idiomas/espanol/informe-de-movilidad-electrica-de-america-latina-y-el-caribe-2019>
- [8] A. Mercado and K. Córdova, “Desarrollo tecnológico en baterías e impulsión eléctrica ¿Sistemas tecnológicos disruptivos promovidos por imperativos ambientales?,” *Cuad CENDES*, vol. 31, no. 85, pp. 1–21, 2014, Accessed: Jul. 02, 2023. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40331800002>
- [9] PNUD, “Empresa Eléctrica de Quito pone en marcha su red de electrolinerías con apoyo del PNUD,” *PNDU*, Aug. 19, 2020.
<https://www.undp.org/es/ecuador/news/empresa-el%C3%A9ctrica-de-quito-pone-en-marcha-su-red-de-electrolinerias-con-apoyo-del-pnud> (accessed Jul. 02, 2023).
- [10] Empresa Eléctrica Quito, “La EEQ invirtió 450 mil dólares en red de electrolinerías para vehículos eléctricos,” *Empresa Eléctrica Quito*, 2015.
http://www.eeq.com.ec:8080/nosotros/comunicamos/noticias/-/asset_publisher/PDd0RO7lSu5d/content/id/38889451 (accessed Jul. 02, 2023).
- [11] L. A. Paredes, “Electromovilidad y Eficiencia Energética en el Transporte Público de Pasajeros del Ecuador Continental,” *Revista Técnica “energía,”* vol. 16, no. 1, pp. 97-105 pp., Jul. 2019, doi: 10.37116/REVISTAENERGIA.V16.N1.2019.340.

- [12] L. A. Quizhpe Conde, “Diseño eléctrico de un sistema de recarga rápida (Electrolinera) para baterías de vehículos eléctricos,” Universidad Nacional de Loja, Loja, 2018.
- [13] H. P. Barros Guiracocha and L. A. Ortega Ortega, “Análisis y diseño de la instalación eléctrica de una electrolinera en la ciudad de Cuenca,” Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, 2018.
- [14] J. M. Salmerón Ozores, “Diseño de la instalación eléctrica de una electrolinera,” Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, 2018.
- [15] J. Trashorras Montecelos, *Vehículos Eléctricos*, Paraninfo. Madrid: Humanes de Madrid, 2019.
- [16] A. Colmenar Santos, D. Borge Diez, E. Collado Fernández, and M. A. Castro Gil, “Generación distribuida, autoconsumo y redes inteligentes,” *UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia*, 2015, Accessed: Jun. 12, 2023. [Online]. Available:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=575694&info=resumen&idioma=SPA>
- [17] V. Mascarós Mateo, *Instalaciones generadoras fotovoltaicas. Un cambio hacia la sostenibilidad.*, 1st ed. Madrid: Paraninfo, 2015. Accessed: Jun. 12, 2023. [Online]. Available: <https://www.naoslibros.es/libros/instalaciones-generadoras-fotovoltaicas-un-cambio-hacia-la-sostenibilidad/978-84-283-3724-3/>
- [18] E. Palazuelos, *El oligopolio que domina el sistema eléctrico. Consecuencias para la transición energética*, 1st ed. Madrid, 2019. Accessed: Jun. 12, 2023. [Online]. Available: <https://libreria.jornada.com.mx/producto/el-oligopolio-que-domina-el-sistema-electrico-consecuencias-para-la-transicion-energetica/>

- [19] J. S. Medina Rosero, “ Estudio e implementación de electrolinerías (servicio de carga de baterías para autos eléctricos): Electrogas S.A.,” Universidad San Francisco de Quito, Quito, 2018.
- [20] ONU, “Movilidad eléctrica avanza en América Latina y el Caribe en el contexto de la pandemia – nuevo informe del PNUMA,” *ONU*, Jul. 29, 2021. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/movilidad-electrica-avanza-en-america-latina-y-el-caribe> (accessed Jun. 22, 2023).
- [21] J. A. Gómez-Gélvez, C. H. Mojica, V. Kaul, and L. Isla, “La incorporación de los vehículos eléctricos en América Latina,” *Inter-American Development Bank*, Sep. 2016.
- [22] S. A. Ardanuy Ingeniería, “La electromovilidad en el transporte público de América Latina,” *Banco de desarrollo de América Latina*, Sep. 2019, Accessed: Jun. 22, 2023. [Online]. Available: <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1466>
- [23] H. Del Pozo Barrezueta, “Ley Organica del Servicio Público de Energía Electrica,” Quito, 2018. Accessed: Jun. 22, 2023. [Online]. Available: www.lexis.com.ec
- [24] L. Leyton, “Redes de recarga para vehículos eléctricos: más allá de las electrolinerías,” *Enel X*, Oct. 2018.
- [25] A. D. Pesántez Alvarado, “Convertidor de potencia pseudoparcial sin transformador para estaciones de carga rápida de vehículos eléctricos,” Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, 2019. Accessed: Jun. 22, 2023. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/11673/46302>

- [26] Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, *El directorio de la agencia de regulación y control de energía y recursos naturales no renovables*. Quito, 2020, pp. 2–19.
- [27] IEEE80, “IEEE -Guía para la Seguridad de puesta a tierra en Subestaciones de C-A-.” New York, 2013. Accessed: Jun. 22, 2023. [Online]. Available: https://www.academia.edu/36550745/IEEE_Gu%C3%ADa_para_la_Seguridad
- [28] CIDEU. Centro Iberoamericano de Desarrollo Estratégico Urbano., “Riobamba – CIDEU,” *CIDEU*. , Dec. 17, 2020. <https://www.cideu.org/miembro/riobamba/> (accessed Aug. 22, 2023).
- [29] ReliefWeb, “GTRM Ecuador: Evaluación Rápida Interagencial (ERI) - Riobamba - Julio 2022,” *ReliefWeb*, Aug. 18, 2022. <https://reliefweb.int/report/ecuador/gtrm-ecuador-evaluacion-rapida-interagencial-eri-riobamba-julio-2022> (accessed Aug. 22, 2023).
- [30] Rincón educativo, “El coche eléctrico,” *Rincón educativo*, Oct. 27, 2021. <https://rinconeducativo.org/es/recursos-educativos/el-coche-electrico/> (accessed Aug. 22, 2023).
- [31] Mobility Insider, “¿Cuáles son los tipos, niveles y modos de cargadores para vehículos eléctricos?,” *Aptiv*, Oct. 13, 2021. <https://www.aptiv.com/es/tendencias/art%C3%ADculo/cu%C3%A1les-son-los-tipos-niveles-y-modos-de-cargadores-para-veh%C3%ADculos-el%C3%A9ctricos> (accessed Aug. 22, 2023).
- [32] R. Echeverría, “Tipos de cargadores coches eléctricos Guía 2023,” *Cargadores Coches Electricos*, 2023. <https://cargadorescocheselectricos.net/tipos-de-cargadores-coches-electricos/> (accessed Aug. 22, 2023).

- [33] Circutor S.A.U., “Serie RAPTION 50 & RAPTION 100,” *Circutor S.A.U.*, 2022, Accessed: Aug. 22, 2023. [Online]. Available: www.circutor.com
- [34] BTwin, “Consideraciones acerca de la Caída de Tensión,” *BTwin*. <https://www.imventa.com/ayuda/BTwin/Ayuda/Calcular/ConsideracionesCDT.htm#:~:text=La%20m%C3%A1xima%20ca%C3%ADda%20de%20tensi%C3%B3n%20permitida%20en%20la%20Instalaci%C3%B3n%20Interior,seg%C3%BAn%20ITC%20DBT%2D19> (accessed Aug. 22, 2023).
- [35] Área-Tecnología, “Calculo Seccion de los Cables Conductores.” <https://www.areatecnologia.com/electricidad/secciones-de-cables.html> (accessed Aug. 22, 2023).
- [36] C. y T. Ministerio de Industria, “Guías Técnicas de aplicación del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión,” *Ministerio de Industria, Comercio y Turismo*, 2020. <https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Paginas/guia-tecnica-aplicacion.aspx> (accessed Aug. 22, 2023).
- [37] Voltimum, “Resistencias de conductores eléctricos a diferentes temperaturas. Tablas de resistencias para cobre y aluminio. Ejemplos de aplicación,” *Voltimum*, Feb. 24, 2011. <https://www.voltimum.es/articulos-tecnicos/resistencias-conductores> (accessed Aug. 22, 2023).
- [38] C. Prysmian, “Cómo se obtienen los valores de reactancia de los cables. Ejemplos de cálculo.,” *Prysmian Club*, Jan. 14, 2019. <https://www.prysmianclub.es/como-se-obtienen-los-valores-de-reactancia-de-los-cables-ejemplos-de-calculo/#:~:text=En%20numerosas%20ocasiones%20hemos%20citado,HD%2060364%2D5%2D52.>] (accessed Aug. 22, 2023).

- [39] A. Gómez, “Deprofeaprofeelectrico.” <http://roble.pntic.mec.es/adog0009/1.4.html> (accessed Aug. 22, 2023).
- [40] Andres, “Perdidas en transformadores por armónicos y factor de potencia ,” *Electricaplicada*, 2023. <https://www.electricaplicada.com/perdidas-transformadores/> (accessed Aug. 22, 2023).
- [41] Comulsa, “¿Qué es la Restricción de Corriente de Magnetización ‘Inrush’?,” *Comulsa Sicame Group*, Feb. 16, 2021. <https://www.comulsa.com/blog/que-es-la-restriccion-de-corriente-de-magnetizacion-inrush> (accessed Aug. 22, 2023).
- [42] Mecatronica, “Diseño y calculo de fusibles | Mecatronica,” Dec. 2012. <http://mecanicaelectric.blogspot.com/2012/12/disenoy-calculo-de-fusibles.html> (accessed Aug. 22, 2023).
- [43] “Factores que influyen en la resistividad. | IEI05.- Montaje de las puestas a tierra.,” *Birtlh*. https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/IEI/IEI05/es_IEA_IEI05_Contenidos/website_411_factores_que_influyen_en_la_resistividad.html (accessed Aug. 22, 2023).
- [44] “Efecto de la temperatura sobre la resistencia . Ley de Ohm.” <http://www.sapiensman.com/electrotecnia/problemas3.htm> (accessed Aug. 22, 2023).
- [45] MathWorks, “AC/DC Three-Level PWM Converter - MATLAB & Simulink.” https://la.mathworks.com/help/sps/ug/ac-dc-three-level-pwm-converter.html?searchHighlight=ac%20dc&s_tid=srchtitle_support_results_3_ac%20dc (accessed Aug. 22, 2023).

- [46] C. Sánchez Criado, “El Kia Soul EV amplía la capacidad de su batería a 30 kWh,” *Movilidad Eléctrica*, Jan. 11, 2018. <https://movilidadelectrica.com/kia-soul-ev-amplia-la-capacidad-bateria-30-kwh/#:~:text=El%20Kia%20Soul%20EV%20recibir%C3%A1,aerodin%C3%A1mica%20contribuyen%20a%20este%20incremento>. (accessed Aug. 22, 2023).

7 ANEXOS

Anexo A: Características técnicas estación de carga Circutor Raption 50

Circutor

RAPTION 50 & RAPTION 100

5

Características Técnicas

A

RAPTION 50

DATOS GENERALES			
Display HMI	Pantalla táctil de 8" antivandálico		
Baliza luminosa	Indicador en color RGB		
Lector RFID	ISO / IEC 14443-1/2/3 MIFARE Classic		
CONECTIVIDAD			
Ethernet	10/100BaseTX (TCP-IP)		
Comunicación inalámbrica UE	4G LTE / GPRS / GSM / WiFi Hotspot		
Protocolo de interfaz	OCPP 1.5 o OCPP1.6J		
CONDICIONES AMBIENTALES			
Temperatura de trabajo	-30°C ... +50°C		
Temperatura de almacenamiento	-40 °C ... +60 °C		
Humedad relativa	5 % ... 95 % sin condensación		
Nivel de ruidos en funcionamiento	< 55 dBA		
Sistema de refrigeración	Ventiladores		
DATOS MECÁNICOS			
Grado de protección del envoltorio	IP54 / IK10		
Material del envoltorio	Acero inoxidable		
Protección del enchufe	Sistema de bloqueo		
Longitud del cable	DC cable CCS	DC cable CHAdeMO	AC cable
	3 metros	3 metros	3 metros
Peso neto	235 kg		
Dimensiones (Fondo x ancho x alto)	410 ⁽¹⁾ x 940 x 1800 mm		
NORMAS			
IEC 61851-1; IEC 61851-23; IEC 61851-21-2; CE / Combo-2; CHAdeMO compatible; CCS (DIN 70121; ISO 15118)			

DATOS ELÉCTRICOS	
Alimentación	3F + N + PE
Modelo para red a 480 V: Alimentación III	3F + N + PE
Rango de tensión	400 V~ ± 10%
Modelo para red a 480 V: Rango de tensión III	480/277 V~ ± 10%
Modelo para red a 480 V: Alimentación II	2P
Modelo para red a 480 V: Rango de tensión II	208-240 V~ ± 10%
Factor de potencia	> 0,98
Eficiencia	95 % con potencia nominal de salida
Frecuencia	50/60 Hz
Modelo para red a 480 V: Frecuencia	60 Hz
Protecciones eléctricas de entrada	Desconexión del interruptor principal
Contador eléctrico de CA	EN 50470-1 y EN 50470-3 (MID European standards) o IEC 62052-11
Protección sobrecorriente	MCB
Medida de seguridad	RCB tipo B
Control de límite de potencia	CC y CA por software
DISPOSITIVOS OPCIONALES	
Comunicación inalámbrica	LATAM/APAC/4G LTE/GPRS/GSM
Protección por sobrecarga	Protector contra sobretensiones transitorias de cuatro polos IEC 61643-1 (clase II)
Longitud del cable	5,5 m (todos los cables)
Conector con protección antivandálico	CHAdEMO, CCS (bloqueo mecánico del conector)
Toma de carga tipo 2	Obturador
Hub de red	Conmutador Ethernet TCP de 8 puertos
	Conmutador Ethernet TCP de 12 puertos
Extensión RFID	Legic Advant / Legic Prime ISO 15693/ISO 18092. Sony FeliCa
Pago contactless	Terminal integrado de pago con tarjeta de crédito
Versión 25 kW CC	Potencia de salida CC para 25 kW (ampliable hasta 50 kW)

ESPECIFICACIONES DE LOS MODELOS			
RAPTION 50 - Modelos 480V			
MODELOS	CCS1	CCS1 CHA	CCS1 T1C32
Corriente máxima de entrada de CA	76 A	76 A	108 A
Capacidad de alimentación necesaria	53 kVA	53 kVA	75 kVA
Potencia de salida máxima	50 kW (@400Vdc)	50 kW (@400Vdc)	DC: 50 kW(@400Vdc) AC: 7.7 kW
Rango de tensión de salida	DC: 50 - 500 Vdc	DC: 50 - 500 Vdc	DC: 50 - 500 Vdc AC: 208-240 V~
Corriente máxima de salida	DC: 125 A	DC: 125 A	DC: 125 A AC: 32 A
Número de conectores	1	2	2
Tipo de conector			
		JEVS G105 	
MODELOS	CCS1 T2S32	CCS1-CHA T1C32	CCS1-CHA T2S32
Corriente máxima de entrada de CA	108 A	108 A	108 A
Capacidad de alimentación necesaria	75 kVA	75 kVA	75 kVA
Potencia de salida máxima	DC: 50 kW(@400Vdc) AC: 22 kW	DC: 50 kW(@400Vdc) AC: 7.7 kW	DC: 50 kW(@400Vdc) AC: 22 kW
Rango de tensión de salida	DC: 50 - 500 Vdc AC: 208 - 240 V~	DC: 50 - 500 Vdc AC: 208 - 240 V~	DC: 50 - 500 Vdc AC: 208 - 240 V~
Corriente máxima de salida	DC: 125 A AC: 32 A	DC: 125 A AC: 32 A	DC: 125 A AC: 32 A
Número de conectores	2	3	3
Tipo de conector			

Ficha técnica del producto

Especificaciones



Interruptor Automático ComPact NSX400H MicroLogic 2.3 400 A 4P4D

LV432696

- ❗ Discontinuado el: 28 septiembre 2022
- ❗ Fuera de servicio próximamente el: 28 septiembre 2025

❗ Discontinuado

Principal

Gama	Compact
Nombre del Producto	Compact NSX
Gama de producto	ComPact NSX400...630
Nombre Corto del Dispositivo	NSX400H
Tipo de Producto o Componente	Interruptor automático
Aplicación del Dispositivo	Distribución Eléctrica Residencial y Comercial
Número de polos	4P
Descripción de polos protegidos	4t 3t 3t + N/2
Posición de neutro	Izquierda
Corriente nominal (In)	400 A en 40 °C
[Ue] tensión asignada de empleo	690 V AC 50/60 Hz
Tipo de red	AC
Frecuencia de Red	50/60 Hz
Apto para seccionamiento	Sí acorde a EN/IEC 60947-2
Categoría de empleo	Categoría A
[Icu] Poder asignado de corte en cortocircuito	85 kA en 240 V AC 50/60 Hz acorde a UL 508 65 kA en 480 V AC 50/60 Hz acorde a UL 508 100 kA Icu en "220/240 V" AC 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 35 kA Icu en 525 V AC 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 50 kA Icu en 500 V AC 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 65 kA Icu en 440 V AC 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 70 kA Icu en 380/415 V AC 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 20 kA en 600 V AC 50/60 Hz acorde a UL 508 20 kA Icu en "660/690 V" AC 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2
Nivel de rendimiento	H 70 kA 415 V AC
Unidad de control	Micrologic 2.3
Tecnología de unidad de disparo	Electrónico
Funciones de protección de unidad de control	LSol
Tipo de Control	Maneta

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios.