

# UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

Ingeniería Mecánica Automotriz

Diseño de un prototipo para las instalaciones de cargadores para autos eléctricos en la  
ciudad de Quito

Johann Sebastián Dávila Salazar

Nota del autor

Johann Sebastián Dávila Salazar, Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Universidad  
Internacional SEK.

Director Ing. Gustavo Moreno, M.Sc.

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:

[j.sebastiands5@gmail.com](mailto:j.sebastiands5@gmail.com)

### **Declaración Juramentada**

Yo, Johann Sebastian Dávila Salazar, con cédula de identidad 172216955-2, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Johann Sebastian Dávila Salazar

C. C.: 1722169552

## **Agradecimientos**

Agradezco infinitamente a Dios, por darme la vida, salud y fuerzas necesarias, para poder cumplir con todos mis propósitos actuales y los que están por venir.

Hoy quiero agradecer profundamente, el cuidado y apoyo de mis padres, quienes, a lo largo de su vida, se sacrificaron para brindarme apoyo, consideración, amor y sobre todo el mejor de los ejemplos.

Quiero agradecer sobremanera, a mis colegas, amigos y maestros; en especial, a mi director académico, el MSc. Gustavo Moreno, por brindarme su tiempo, dedicación y experiencia profesional; pero, sobre todo, muchas gracias por sus valiosos consejos, que estoy seguro enriquecerán mi formación profesional y personal.

Muchas gracias a los docentes responsables de esta última etapa académica; MSc. Jaime Molina y MSc. Santiago Gomez; así como también al MSc. Paolo Salazar, por su apoyo y colaboración adicional en este proceso.

Agradezco infinitamente el apoyo incondicional de mis amigos: Abg. Gabriel Moya, Lic. Nicole Morales y Psic. Erika Ortiz; por su aliento y acompañamiento a lo largo de esta etapa.

### **Dedicatoria**

Quiero dedicar este trabajo a toda mi familia; en especial a mi madre Flor Salazar, quien me ha brindado todo su amor, cariño, apoyo y consideración; siendo la fuente de inspiración a lo largo de mi vida.

A mi padre Pablo Dávila, quien es un pilar fundamental en mi vida, quien sabe impulsarme a ser mejor persona, y motivarme a superarme día a día.

A mis hermanos Pablo, Sasha y Rodrigo, por estar siempre a mi lado, apoyándome en los buenos y malos momentos.

## Índice de Contenido

<b>Declaración Juramentada .....</b>	<b>3</b>
<b>Agradecimientos.....</b>	<b>4</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>5</b>
<b>Índice de Contenido .....</b>	<b>6</b>
<b>Índice de Tablas .....</b>	<b>8</b>
<b>Índice de Figuras.....</b>	<b>9</b>
<b>Abreviaturas.....</b>	<b>11</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>12</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>14</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>16</b>
Antecedentes .....	16
Estado del Arte.....	22
Propuesta.....	53
<b>Materiales y Método .....</b>	<b>55</b>
Nivel de Estudio.....	55
Modalidad de la Investigación .....	55
Método .....	55
<b>Resultados.....</b>	<b>61</b>
Calculo del parque automotriz de vehículos eléctricos.....	61
Determinación de calibres de cable, protecciones y demás variables de las instalaciones eléctricas .....	64

Cálculo del calibre del cable de conexión de la red pública 13,2 kV al transformador para el caso de carga rápida .....	68
Cálculo del calibre del cable para cargadores ultra rápidos.....	69
Cálculo de Pérdidas.....	72
Esquemas de la electrolinera prototipo .....	74
<b>Discusión de Resultados .....</b>	<b>82</b>
<b>Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>83</b>
Conclusiones .....	83
Recomendaciones .....	85
<b>Bibliografía .....</b>	<b>87</b>

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1. Ventas de Vehículos Eléctricos por Segmento .....</b>	<b>24</b>
<b>Tabla 2. Ventas de Vehículos Eléctricos por Marca y Año .....</b>	<b>25</b>
<b>Tabla 3. Porcentaje de Tributo por ICE según Tonelaje y Precio en Origen.....</b>	<b>28</b>
<b>Tabla 4. Cantidad de Vehículos Eléctricos Vendidos en Pichincha Periodo 2016 - 2020</b>	<b>30</b>
<b>Tabla 5. Proyección de Nuevos Buses y Taxis con Cero Emisiones del 2020 al 2025</b>	<b>31</b>
<b>Tabla 6. Comparación de las Características Principales de los Vehículos Eléctricos</b>	<b>35</b>
<b>Tabla 7. Características de Autonomía y Capacidad de Baterías en Algunos Vehículos Eléctricos .....</b>	<b>36</b>
<b>Tabla 8. Características de los Diferentes Tipos de Baterías que se Encuentran a Disposición de los Vehículos Eléctricos.....</b>	<b>38</b>
<b>Tabla 9. Tipos y Capacidades de Baterías de Autos Eléctricos Presentes en el Mercado Automotriz .....</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 10. Características de los Conectores para Recarga de VE .....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 11. Número de Electrolineras que Deberán Estar Operativas Según el Número de Vehículos Eléctricos .....</b>	<b>63</b>
<b>Tabla 12. Tabla de equipos y materiales.....</b>	<b>84</b>

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b>	<b>Resumen de Incentivos para movilidad eléctrica.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 2.</b>	<b>Resumen del comercio Automotor en Ecuador / Vehiculos Nuevos .....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 3.</b>	<b>Ventas de Vehiculos Electricos en las Principales Provincias del Ecuador</b>	<b>25</b>
<b>Figura 4.</b>	<b>Prevision de la Comercializacion de Vehiculos Electricos para algunos</b>	
	<b>países de America Latina, 2025 .....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 5.</b>	<b>Conectores del cargador de bateria macho y hembra globales .....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 6.</b>	<b>Rangos de Autonomia de los Vehiculos Electricos puestos a la venta en los</b>	
	<b>Estados Unidos de Norteamerica entre los años 2011 y 2020 .....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 7.</b>	<b>Electrocorredores en Latinoamerica.....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 8.</b>	<b>Primera parte del Diagrama del diseño electricos de la electrolinera .....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 9.</b>	<b>Segunda parte del Diagrama del diseño electrico de la electrolinera .....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 10.</b>	<b>Calculo predictivo de la cantidad de vehiculos electricos en Pichincha años</b>	
	<b>2025 y 2032 .....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 11.</b>	<b>Mapa de Infraestructura Electrica Empresa Electrica Quito .....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 12.</b>	<b>Transformador de 22kV trifasico de 300 kVA.....</b>	<b>66</b>
<b>Figura 13.</b>	<b>Cable 4AWG THW .....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 14.</b>	<b>Calibre del cable según el amperaje soportado.....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 15.</b>	<b>Transofrmados de 13.2 kV trifasico de 300 kVA .....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 16.</b>	<b>Cable 4/0 AWG THW.....</b>	<b>69</b>
<b>Figura 17.</b>	<b>Sistema de Proteccion de Transformadores .....</b>	<b>70</b>

<b>Figura 18.</b>	<b>Disyuntor de proteccion .....</b>	<b>71</b>
<b>Figura 19.</b>	<b>Resistencia y Reactancia para Cables de cobre de Baja Tension.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 20.</b>	<b>Primera parte del Diagrama del diseño electrico de la electrolinera .....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 21.</b>	<b>Segunda parte del Diagrama del diseño electrico de la electrolinera .....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 22.</b>	<b>Primera parte del plano de la implantacion de la electrolinera .....</b>	<b>77</b>
<b>Figura 23.</b>	<b>Segunda parte de la implantacion de la electrolinera.....</b>	<b>78</b>
<b>Figura 24.</b>	<b>Detalle de la conexión con el cargador .....</b>	<b>79</b>
<b>Figura 25.</b>	<b>Tubo compuesto para alojar los cables .....</b>	<b>80</b>
<b>Figura 26.</b>	<b>Detalle del cable soterrado .....</b>	<b>81</b>

### Abreviaturas

- AEADE: Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador
- ARCONEL: Agencia de Regulación y Control de Electricidad
- BEV: Vehículos Eléctricos de Batería Pura
- BID: Banco Interamericano de Desarrollo
- CEPAL: Comisión Económica Para América Latina
- CO: Monóxido de Carbono
- DMQ: Distrito Metropolitano de Quito
- DNEEE: Dirección de Estudios Eléctricos y Energéticos
- EEQ: Empresa Eléctrica Quito
- FCEV: Vehículos de Pila de Combustible de Hidrogeno
- GAD's: Gobiernos Autónomos Descentralizados
- HEV: Vehículos Híbridos Eléctricos
- ICE: Impuesto de Consumos Especiales
- LORTI: Ley Orgánica de Régimen Tributario Interno
- MHEV: Vehículos híbridos ligeros
- NEC: Norma Ecuatoriana de Construcción
- ONG's: Organizaciones No Gubernamentales
- ONU: Organización de las Naciones Unidas
- PHEV: Vehículos Híbridos Eléctricos Enchufables
- PLANEE: Plan Nacional de Eficiencia Energética
- PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
- TVA: Tasa de Variación Anual
- VE's: Vehículos Eléctricos

## Resumen

La necesidad tanto global como local de controlar y disminuir la contaminación ambiental, impulsa la búsqueda de fuentes de energía alternativa, así como también nuevas formas de uso, esto con el afán de proteger al ambiente y optimizar el aprovechamiento de los recursos. Motivados por este afán los diseñadores y constructores de vehículos presentan la movilidad eléctrica (vehículos impulsados por uno o varios motores eléctricos), situación que se encuentra en pleno desarrollo, tanto que en todo el mundo los gobiernos generan incentivos para el incremento y desarrollo de la movilidad eléctrica. En Ecuador por mandato legal se plantea que todo vehículo de transporte público a partir del año 2025 deberá ser eléctrico, además existen incentivos tributarios para la importación de vehículos eléctricos (VE), estas políticas no son suficientes para garantizar el desarrollo del parque automotriz eléctrico; para garantizar que este desarrollo sea sostenido se requiere la instalación de electrolineras (instalaciones de cargadores para autos eléctricos) (Guglielmetti, 2021). Esta investigación presenta el diseño de una electrolinera que puede realizar el abastecimiento de energía en forma rápida y ultrarrápida a múltiples vehículos al mismo tiempo, mediante la aplicación de especificaciones técnicas para garantizar estándares de calidad y seguridad.

La investigación es de nivel descriptivo, se fundamenta en el análisis de documentación bibliográfica y partiendo de esta información se realizaron cálculos para determinar: la tasa de variación anual con la cual deberá crecer el parque automotor para cubrir las necesidades de movilización de la población del Distrito Metropolitano de Quito; la cantidad aproximada de VE para los años 2025 y 2032; la autonomía real aproximada de los VE, número mínimo de electrolinerías que deben estar funcionando en los años 2025 y 2032. Justificada la necesidad de las electrolinerías se diseña la implantación de la electrolinería.

Como resultado de esta investigación se determinó que la cantidad de VE para el 2025 estará alrededor de los 3653 y para el 2032 la cantidad de VE estará alrededor de los 70768, con estos datos se determina que para el año 2025 se requieren 20 electrolinerías operando 15 horas diarias con una capacidad de recarga de 8 autos a la vez. El diseño de la implantación de las facilidades del prototipo de electrolinería con 8 cargadores operativos simultáneamente (para carga rápida o ultrarrápida) se requiere de un área útil de 6760m<sup>2</sup>, con un transformador de principal de 300KVA y una alimentación de 22KV, utilizando cables 4/0AWG THW, para la protección de los circuitos se definieron disyuntores marca EATON modelo P3-63/EN y fusibles de protección para cada línea de alimentación. Para el diseño del prototipo se empleó cargadores con estándar CHAdeMO.

En los resultados expuestos se evidencia el logro del objetivo planteado para esta investigación, para más información se recomienda revisar los planos de la implantación del prototipo de electrolinería y los detalles correspondientes.

**Palabras Clave:** Electrolinería, Vehículos Eléctricos, Movilidad Eléctrica, Carga Rápida, Carga Ultrarrápida

## Abstract

The global and local need to control and reduce environmental pollution drives the search for alternative energy sources, as well as new forms of use, with the aim of protecting the environment and optimizing the use of resources. Motivated by this desire, vehicle designers and builders present electric mobility (vehicles powered by one or more electric motors), a situation that is in full development, so much so that governments around the world generate incentives for the increase and development of mobility. electric mobility. In Ecuador, by legal mandate, it is proposed that all public transport vehicles from the year 2025 must be electric, in addition there are tax incentives for the importation of electric vehicles (EV), these policies are not sufficient to guarantee the development of the electric vehicle park; To guarantee that this development is sustained, the installation of charging stations (charging facilities for electric cars) are required (Guglielmetti, 2021). This research presents the design of a charging station that can supply energy quickly and ultra-fast to multiple vehicles at the same time, through the application of technical specifications to guarantee quality and safety standards.

The research is of a descriptive level, it is based on the analysis of bibliographic documentation and based on this information, calculations were made to determine: the annual variation rate with which the vehicle fleet should grow to cover the needs of mobilization of the population of the District Metropolitan of Quito; the approximate number of EVs for the years 2025 and 2032; the approximate real autonomy of the EVs, the minimum number of charging stations that must be operating in the years 2025 and 2032. Once the need for the charging stations is justified, the implementation of the charging station is designed.

As a result of this investigation, it was determined that the number of EVs for 2025 will be around 3,653 and for 2032 the number of EVs will be around 70,768. With this data,

it is determined that by 2025, 20 charging stations are required, operating 15 daily hours with a recharging capacity of 8 cars at the same time. The design of the implementation of the electric charging prototype facilities with 8 simultaneously operating chargers (for fast or ultra-fast charging) requires a useful area of 6760m<sup>2</sup>, with a 300KVA main transformer and a 22KV power supply, using cables 4/0AWG THW, for the protection of the circuits, EATON model P3-63/EN circuit breakers and protection fuses were defined for each power line. For the design of the prototype, chargers with the CHAdEMO standard were used.

In the exposed results, the achievement of the objective set for this investigation is fulfilled, for more information it is recommended to review the plans of the implantation of the electric station prototype and the corresponding details.

**Keywords:** Charging Stations, Electric Vehicles, Electric Mobility, Fast Charge, Ultra-fast Charge.

## Introducción

### Antecedentes

Conjuntamente con el crecimiento de la población, se incrementa la presión sobre los recursos naturales (renovables y no renovables) y según estudios publicados por la ONU, se prevé que para el 2050 la población alcance los 9700 millones, el equipo que trata sobre la Sostenibilidad Mundial indica que al planeta se le están terminando los recursos para cubrir las necesidades de toda la población (agua, alimento y energía), aunque no existe un análisis específico de la necesidad global de energía para cubrir la permanente necesidad de movilidad, las políticas de manejo sustentable ya están planteando alternativas tecnológicas al consumo de combustibles fósiles para cubrir las necesidades de energía. Juntamente con el crecimiento de la población, se ha incrementado la necesidad de movilizar: materia prima, maquinaria y herramientas, productos, personas, etc., por lo que el parque automotor liviano y pesado también ha crecido. (ONU, 2015)

Esto ha generado un importante incremento en la demanda de energía, misma que principalmente ha sido obtenida a través de motores de combustión interna, provocando el consumo de grandes cantidades de recursos energéticos primarios de origen fósil (recursos no renovables) que generan principalmente dos inconvenientes: explotación del recurso en grandes cantidades, y contaminación ambiental generada por las emisiones producidas, esto amenaza la seguridad futura, la salud y el bienestar de la población.

Por otro lado, Ford Motor Company, en un estudio realizado en 2015, estima que para el año 2040, existirían 4 mil millones de vehículos a nivel mundial.

Los niveles de contaminación a nivel mundial se han visto mermados en cierta parte por la pandemia que se encuentra atravesando todo el mundo, dentro de los principales contaminantes están los gases de efecto invernadero, dentro de estos se encuentra el monóxido de carbono CO.

Según Téllez y Rodríguez en 2006 indican que las principales fuentes productoras de este gas (80%) son los automotores que utilizan como combustible gasolina o diésel, en conjunto con los procesos industriales que utilizan compuestos del carbono.

El CO es considerado como uno de los mayores problemas ambientales de América Latina (Organización Panamericana de la Salud, 2005), lo cual implica al Ecuador, país que no es indiferente a este fenómeno, por tanto, se vuelve una necesidad urgente y se requiere tomar acciones para mitigar y si fuera posible eliminar este problema, y así, disminuir o eliminar los impactos que esto genera sobre la calidad de vida de las personas.

Tras este análisis, se determina como una necesidad urgente, tanto global como local, la reducción del uso de combustibles fósiles, para lo cual deben contemplarse alternativas válidas que permitan mantener la movilidad sostenible de personas y mercancías.

En la búsqueda de minimizar la generación de gases invernadero, y por tanto, el impacto ambiental negativo que estos producen, la ciencia y tecnología en su desarrollo busca disminuir la producción de estos gases contaminantes, mismos que se producen cuando la quema del combustible es incompleta en los motores de combustión interna (generación de monóxido de carbono - principal contaminante), con este inconveniente los fabricantes de vehículos propulsados por motores de combustión interna, han generado cambios en la forma en la que se desarrolla la quema del combustible en la cámara de combustión, y el tratamiento de los gases de escape que se emiten al ambiente (implementación de los catalizadores), esta gestión principalmente busca optimizar el aprovechamiento de los combustibles y minimizar la generación de gases contaminantes.

En las últimas décadas la conciencia por el cuidado del ambiente ha incrementado, por tanto, también ha incrementado la búsqueda de alternativas para disminuir el consumo de los recursos naturales (renovables o no) y la disminución de la generación de gases invernadero. Para luchar contra la contaminación ambiental se han desarrollado múltiples estrategias a nivel global (conferencias, declaraciones, cumbres), entre estas se pueden citar:

- Cumbre de la tierra (Estocolmo ONU 1972),
- Informe nuestro futuro en común (ONU 1987)
- Protocolo de Montreal (ONU 1987)
- Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro (ONU 1992) / Programa 21 – Un Plan de Acción Mundial para el Desarrollo Sostenible (ONU 1992)
- Protocolo de Kioto (Estados Unidos, España, Argentina, Canadá, Unión Europea / 1997)
- Cumbre de la Tierra de Johannesburgo (180 países 2002)
- Conferencia de Desarrollo Sustentable de Naciones Unidas (Río +20), Líderes mundiales, ONG's, grupos privados /2012
- Conferencia sobre cambio climático – COP 21 (Paris 2015) / Agenda 2030

Estas reuniones donde se discute sobre las estrategias para prevenir y controlar la contaminación mundial han generado la vinculación de los países y sus habitantes con la disminución del consumo de recursos, así como también, la disminución de emisiones. Para esto se han fijado metas, y es así que actualmente para la disminución de los gases invernadero se plantea como una de las estrategias a ejecutar la conversión del parque automotor, pasando del consumo de combustibles fósiles a electricidad, generando con esto lo que hoy se conoce como la movilidad eléctrica.

En este contexto por ejemplo Polonia busca tener un millón de autos eléctricos circulando en sus carreteras para 2025, y Reino Unido plantea la eliminación completa de la venta de los autos a diésel y gasolina para 2040. (ONU, 2018)

La CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) reporta los avances que se ha tenido en la región respecto de la movilidad eléctrica, pudiendo destacarse:

- Colombia y México son los más avanzados en el parque automotor de vehículos eléctricos e híbridos enchufables
- México, Uruguay y Brasil cuentan con corredores donde se pueden recargar los autos eléctricos (corredores de electrolinerías)
- Barbados cuenta con más estaciones de recarga eléctrica de autos (electrolinerías) que gasolineras
- En varias ciudades de la región se cuenta con flotas de buses eléctricos y/o flotas de taxis eléctricos, en el Ecuador en las ciudades de Guayaquil, Loja y Quito se cuenta con el servicio de taxis y buses eléctricos.

Con todo lo indicado la CEPAL considera que el volumen de las flotas de autos eléctricos es pequeño, se debería mantener e incrementar los incentivos gubernamentales para la movilidad eléctrica. (ONU, 2018)

**Figura 1.***Resumen de Incentivos para movilidad eléctrica*

Categoría	Instrumento	Argentina	Brasil	Chile	Colombia	Costa Rica	Ecuador	México	Panamá
Incentivos de compra	Impuesto de valor agregado				✓	✓	✓		
	Impuesto de importación	✓	✓		✓	✓		✓	
	Otros	✓	✓			✓	✓	✓	✓
Incentivos de uso y circulación	Impuesto de propiedad/circulación					✓		✓	
	Excepción de peajes, parqueos, etc.				✓	✓		✓	
	Otros					✓		✓	
Otros instrumentos de promoción	Excepción de "pico y placa" (restricción vehicular)				✓	✓			
	Tarifas eléctricas diferenciadas						✓	✓	
	Estrategia nacional de movilidad eléctrica	✓		✓	✓	✓		✓	✓
	Ley integral de movilidad eléctrica			✓		✓			

✓ Incentivo completo para vehículos eléctricos / Instrumento aprobado y en marcha

✓ Incentivo parcial para vehículos eléctricos / Instrumento en fase de diseño.

Fuente: Información obtenida de *Movilidad Eléctrica: Avances en América Latina y el Caribe* (ONU, 2018)

Si bien los vehículos eléctricos han sido una opción desde que se empezaron a fabricar a partir de la segunda mitad del siglo XIX, algunas condiciones de tecnología y mercado determinaron que la población prefiriera los vehículos propulsados con fuentes de energía fósil, o de vector energético gasolina o diésel. La opción del vehículo eléctrico elimina en gran medida la contaminación ya que no generará emisiones gaseosas directas y también disminuye la contaminación auditiva (sin embargo, existe normativa que por seguridad plantea la generación de sonido de al menos 56 dB sin importar si el vehículo da marcha hacia adelante o hacia atrás), todo esto si se cuida que la fuente de recarga de energía eléctrica no se genere por motores de combustión interna. (L., 2011)

En el Ecuador se lanzó al mercado el primer vehículo 100% eléctrico en el 2016, este tenía la capacidad para 5 personas y una autonomía entre 160 y 180 Km, tomando en cuenta que los vehículos en Quito o Guayaquil recorren una distancia media de 40 Km por día y la batería del vehículo debe recargarse hasta que se encuentre en el 20%, el vehículo conectarse a un tomacorriente cada 3 o 4 días, si el vehículo se recarga en una toma de 110 V, se demoraría en el proceso 10 horas, con 220 V 5 horas, en una electrolinera esta actividad llevaría unos 20 minutos. (El Comercio, 2016)

La proyección de venta de vehículos eléctricos para el año 2030 indica que se espera sean 27000 unidades aproximadamente, los cuales requerirán de instalaciones técnicamente diseñadas y construidas para garantizar recargas eficientes y seguras para las baterías de vehículos eléctricos, es ahí en donde se plantea la necesidad del servicio de electrolineras que se abastezcan de energías alternativas para dar soporte al concepto de sustentabilidad ecológica. (Chuquiguanga W, 2018)

La primera electrolinera 100% ecuatoriana se inauguró en noviembre del 2019 en Guayaquil, posee 20 bahías de carga rápida, cuenta con una potencia instalada de 1 megavatio, está distribuida en 5000 m<sup>2</sup>. El lugar tiene la capacidad para abastecer a 500 vehículos diarios, para vehículos pequeños la carga de una batería (de 0 al 100%) puede durar 1.15 horas, mientras que para buses puede durar hasta 3.5 horas. (El Comercio, 2019)

A la fecha existen pocas iniciativas para brindar el servicio de recarga rápida para las baterías de los vehículos eléctricos, aparentemente por la falta de claridad de la legislación que normará el servicio de recarga rápida.

Algunas iniciativas para la implementación de electrolineras se han desarrollado a nivel privado por parte de las empresas comercializadoras de las diferentes marcas de vehículos eléctricos en asociación con centros comerciales y las empresas de transporte que son usuarios de este tipo de vehículos, a nivel público la empresa de distribución eléctrica del Distrito Metropolitano de Quito (Empresa Eléctrica Quito) mediante convenio suscrito con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), se encuentra desarrollando un proyecto para la instalación de 11 electrolineras que deberán contar con conectores multimarca. (Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2020). Como se indica en nuestro medio existe falta de electrolineras, lo que se constituye en un limitante para el desarrollo del parque automotor eléctrico en el país. (El Telégrafo, 2019)

### **Estado del Arte**

El mercado de autos nuevos en Ecuador está compuesto por vehículos importados y los de ensamblaje a nivel nacional, en la siguiente Figura 2 se expone la composición de este mercado entre los años 2000 y 2019.

**Figura 2.***Resumen del comercio Automotor en Ecuador / Vehículos Nuevos*

AÑO	EXPORTACIÓN	IMPORTACIÓN (CBU)	VENTAS DE PRODUCCIÓN NACIONAL	VENTAS DE VEHÍCULOS IMPORTADOS	VENTAS TOTALES MERCADO ECUATORIANO	VARIACIÓN %
	1	2	3	4	5=(3+4)	-
2000	5.012	8.019	10.441	8.542	18.983	-
2001	7.493	42.394	20.316	36.634	56.950	200% ▲
2002	5.077	49.093	21.047	48.325	69.372	22% ▲
2003	8.574	30.956	22.768	35.327	58.095	-16% ▼
2004	9.308	38.248	22.230	36.921	59.151	2% ▲
2005	13.481	55.310	29.528	50.882	80.410	36% ▲
2006	20.283	57.476	31.496	58.062	89.558	11% ▲
2007	25.916	54.104	32.591	59.187	91.778	2% ▲
2008	22.774	70.322	46.782	65.902	112.684	23% ▲
2009	13.844	40.649	43.077	49.687	92.764	-18% ▼
2010	19.736	79.685	55.683	76.489	132.172	42% ▲
2011	20.450	73.971	62.053	77.840	139.893	6% ▲
2012	24.815	66.747	56.395	65.051	121.446	-13% ▼
2013	7.211	60.651	55.509	58.303	113.812	-6% ▼
2014	8.368	59.773	60.273	59.784	120.057	5% ▲
2015	3.274	37.523	44.210	37.099	81.309	-32% ▼
2016	716	32.813	31.738	31.817	63.555	-22% ▼
2017	640	71.862	40.189	64.888	105.077	65% ▲
2018	1.595	103.509	37.276	100.339	137.615	31% ▲
2019	1.777	107.870	25.663	106.545	132.208	-4% ▼

Desde el año 2012 en las importaciones, se consideran también a las unidades de vehículos exonerados

Fuente: Información obtenida del Anuario 2019 AEADE (AEADE, 2019)

Como se observa la demanda de autos importados ha crecido con el mercado, solo el año 2000 la demanda de vehículos nacionales es mayor que la de importados, y en 2016 la demanda se iguala, para el resto de los años se negocian más vehículos importados que nacionales.

En Ecuador no se ensamblan vehículos eléctricos, por lo que todos los vehículos eléctricos que circulan en el país son importados. En la Tabla 1 se puede ver la cantidad de vehículos eléctricos que se han vendido en Ecuador hasta 2020.

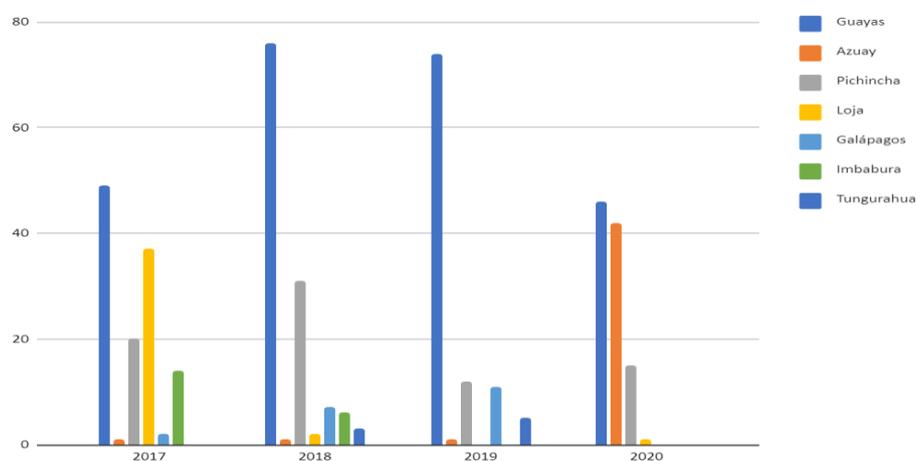
**Tabla 1.**

*Ventas de Vehículos Eléctricos por Segmento*

<b>Año</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
<b>Automóvil</b>	96	96	59	50
<b>%</b>	78,05	73,85	57,28	47,2
<b>SUV</b>	20	33	24	14
<b>%</b>	16,26	25,38	23,30	13,2
<b>Camioneta</b>	7	1	0	37
<b>%</b>	5,69	0,77	0,00	34,9
<b>Bus</b>	0	0	20	0
<b>%</b>	0,00	0,00	19,42	0
<b>VAN</b>	0	0	0	5
<b>%</b>	0	0	0	4,7
<b>TOTAL</b>	<b>123</b>	<b>130</b>	<b>103</b>	<b>106</b>

*Fuente: Información obtenida del Anuario (AEADE, 2021)*

La presencia de los vehículos eléctricos en Ecuador se limita a pocas provincias como se observa en la Tabla 1.

**Figura 3.***Ventas de Vehículos Eléctricos en las Principales Provincias del Ecuador*

Fuente: Información obtenida del Anuario (AEADE, 2021)

Las marcas que han comercializado vehículos eléctricos se exponen en la Tabla 2.

**Tabla 2.***Ventas de Vehículos Eléctricos por Marca y Año*

Marca	2016	2017	2018	2019	2020
<b>KAIYUN</b>	-	-	-	-	37
<b>KIA</b>	53	20	33	23	3
<b>RENAULT</b>	31	13	6	1	-
<b>DAYANG</b>	24	46	87	57	16
<b>VOLKSWAGEN</b>	1	-	-	-	-
<b>BYD</b>	-	-	-	21	39
<b>BMW</b>	-	-	-	1	-
<b>JIAYUAN</b>	-	-	-	-	5
<b>OTRAS</b>	-	44	4	-	6
<b>TOTAL</b>	<b>109</b>	<b>123</b>	<b>130</b>	<b>103</b>	<b>106</b>

Fuente: Información recopilada de los anuarios de la AEADE años 2016, 2019 y 2020.

Al ver las cifras de vehículos eléctricos, se observa que aún son pocos, así como las marcas presentes en el mercado, esto en comparación con todo el mercado automotriz ecuatoriano.

Si se toma en cuenta que existen varios incentivos legales para la importación, comercialización, compra y operación de vehículos eléctricos, estos en el futuro próximo incrementarán su presencia.

Es así como la ley de Eficiencia Energética en su Capítulo III DE LOS SECTORES REGULADOS, Artículo 14 Eficiencia energética en el transporte, indica que: (Gobierno del Ecuador, 2019)

- Se establecerán progresivamente límites a los niveles de consumo y emisiones que deberán cumplir los vehículos automotores nuevos, según los indique el Plan Nacional de Eficiencia Energética (PLANEE).
- Todo vehículo nuevo, contará con la etiqueta de eficiencia energética, lo que garantizará el cumplimiento de los límites y condiciones de eficiencia energética.
- Se deberá crear un Plan de Chatarrización para vehículos de trabajo de personas naturales y del transporte público que salgan de servicio y que se reemplacen por vehículos de medio motriz eléctrico.
- “A partir del año 2025 todos los vehículos que se incorporen al servicio de transporte público urbano e interparroquial, en el Ecuador continental, deberán ser únicamente de medio motriz eléctrico”
- El ente responsable de las políticas públicas de hidrocarburos generará un plan acorde al PLANEE, donde se fomente mecanismos e infraestructura para impulsar la movilidad eléctrica

La ley de Eficiencia Energética en su Capítulo VI DE LOS INCENTIVOS artículo 22 Incentivos para la eficiencia energética, indica que: (Gobierno del Ecuador, 2019)

- Todo transporte eléctrico en lo que fuere aplicable, tendrá tarifas diferenciadas preferenciales según lo establezca el Reglamento de esta Ley.
- Los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD's) deberán establecer incentivos que fomenten el uso de movilidad eléctrica

La ley de Eficiencia Energética en sus DISPOSICIONES TRANSITORIAS Segunda indica que: (Gobierno del Ecuador, 2019)

- Los GAD's municipales deberán establecer incentivos para la movilidad eléctrica, facilitando su circulación implementando medidas como excepción de restricciones de circulación, esto para los 10 años subsiguientes a la aprobación de esta ley.

Por otra parte, también se tiene los incentivos fiscales para la importación, comercialización y compra de vehículos eléctricos, como se observa en la Ley Orgánica de Régimen Tributario Interno – LORTI (Gobierno del Ecuador, 2015)

En su artículo 55.- Transferencias e importaciones con tarifa cero, ítem 14 indica que los vehículos eléctricos cuya base imponible sea hasta 35000 USD tiene tarifa 0 en IVA.

En su artículo 56.- Impuesto al valor agregado sobre los servicios, ítem 4 indica que los servicios públicos y entre estos el de energía eléctrica, se encuentran gravados con tarifa cero.

En su artículo 82.- Impuesto a los consumos especiales (ICE), el ítem 2 indica detalla el porcentaje de ICE que deben tributar, véase la Tabla 3.

**Tabla 3.**

*Porcentaje de Tributo por ICE según Tonelaje y Precio en Origen*

<b>Capacidad en toneladas</b>	<b>Precio (\$)</b>	<b>% de ICE</b>
Hasta 3.5 (Ton)	Hasta 35000	0
	De 35001 hasta 40000	8
	De 40001 hasta 50000	14
	De 50001 hasta 60000	20
	De 60001 hasta 70000	26
	De 70001 en adelante	32

*Fuente: Información recopilada y adaptada del (Gobierno del Ecuador, 2015), elaboración Autor.*

En la misma ley (LORTI) se detallan los impuestos ambientales, en su Capítulo I Impuesto Ambiental a la Contaminación Vehicular, en su artículo de Exenciones ítem 7 indica claramente que los vehículos eléctricos están exentos de este tributo.

Según lo indican Cherif, Hasanov & Husaim en su artículo “El fin del Petróleo: Es solo cuestión de tiempo”, la forma actual del transporte está cambiando y lo continuará haciendo, esto fundamentándose en:

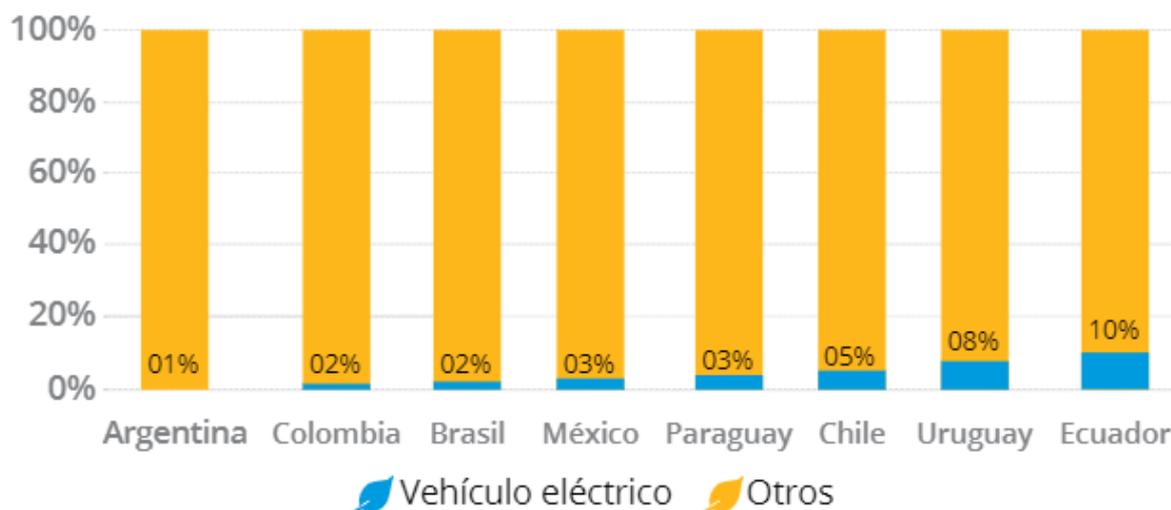
- Los últimos 10 años el costo de producir energía eléctrica por medio de fuentes renovables ha disminuido notablemente (80% la solar y 60% la eólica), e incluso según lo indica el Foro Económico Mundial las energías solar y eólica no subsidiadas ya son competitivas en 30 países, y
- El desarrollo tecnológico en los sistemas de almacenamiento de energía (por ejemplo, baterías de Polímero de Litio)

Con esto no se debe plantear si los vehículos eléctricos reemplazarán a los vehículos de combustión interna, la verdadera interrogante es, cuando los vehículos eléctricos reemplazarán a los vehículos de combustión interna. Para responder esta pregunta hacen referencia a un informe del FMI, e indican que para el 2040 los vehículos eléctricos cubrirán el 90% del parque automotor en los países con economías avanzadas, y más del 50% en los países con economías emergentes. (Husaim, 2017)

Las divisiones de Transporte, Energía y Competitividad del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en su nota técnica No IDB-TN-020208 del 2020, plantea una proyección del mercado de vehículos eléctricos para el año 2025 en algunos países de América Latina, ver Figura 4 Previsión de la Comercialización de Vehículos Eléctricos para algunos países de América Latina, 2025 %.

#### Figura 4.

*Previsión de la Comercialización de Vehículos Eléctricos para algunos países de América Latina, 2025.*



Fuente: Información obtenida de (Sosa, 2020)

En la figura 4 se puede observar que la participación de vehículos eléctricos en Ecuador es la mayor (10%), el documento sustenta esto en función de los incentivos fiscales que se tiene el país y por la penetración en el mercado que se ha visto de los vehículos híbridos (enchufables y no enchufables) a hasta el 2020.

En la Tabla 4 se observa la cantidad de vehículos eléctricos vendidos en Pichincha período 2016 y 2020

**Tabla 4.**

*Cantidad de Vehículos Eléctricos Vendidos en Pichincha Periodo 2016 - 2020*

<b>Año</b>	<b>Cantidad de vehículos vendidos (u)</b>	<b>Porcentaje frente a los vendidos en el país (%)</b>
2016	62	56
2017	20	16
2018	31	23
2019	12	11
2020	15	14
<b>T O T A L</b>	<b>140</b>	

*Fuente: Información recopilada de los anuarios de la AEADE del 2018 y 2020.*

Los vehículos eléctricos llegaron a Ecuador en enero del 2016, y desde esa fecha se han vendido en total 571 unidades, de las cuales 140 se han comercializado en Pichincha hasta el final del 2020. (AEADE, 2021)

Con estos antecedentes y la legislación existente en nuestro país, para el 2025 el mercado de los vehículos eléctricos debe estar en pleno desarrollo, por tanto, tomando en cuenta la tasa de variación del parque automotriz, la tasa de renovación de los vehículos en Ecuador se plantean varias proyecciones del parque automotor eléctrico del país.

La firma Frost & Sullivan informa que acorde con los incentivos tributarios que ofrece el Ecuador para el año 2025 tendrá aproximadamente 15000 vehículos eléctricos. (El Telégrafo, 2019)

En el Informe de sustento del “Proyecto de regulación sobre contrato de suministro para la comercialización de energía a estaciones de carga de vehículos eléctricos”, hace referencia al informe “Pruebas para introducción de vehículos eléctricos en el Ecuador” de la Dirección de Estudios Eléctricos y Energéticos (DNEEE, ARCONEL - 2015), indica que para el 2032 habrán ingresado 292472 vehículos eléctricos al Ecuador. (ARCONEL, 2019)

En el Análisis económico sobre incentivos para la movilidad eléctrica, la propuesta de Ordenanza Metropolitana para la Descarbonización Paulatina del Transporte y Fomento del Transporte con tecnología Limpia en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), se plantea una proyección del parque automotriz eléctrico para el transporte público en el DMQ. (DMQ, 2019)

**Tabla 5.**

*Proyección de Nuevos Buses y Taxis con Cero Emisiones del 2020 al 2025*

<b>Año</b>	<b>Nuevos buses cero emisiones</b>	<b>Nuevos taxis cero emisiones</b>
2020	60	325
2021	120	650
2022	180	975
2023	240	1300
2024	300	1625
2025	360	1950
<b>TOTALES</b>	<b>1260</b>	<b>6825</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>8085</b>	

*Nota: Información obtenida de (DMQ, 2019)*

Por lo expuesto para el 2025 en Quito se tendrán aproximadamente 8085 unidades (cero emisiones) dedicadas al servicio de transporte público-urbano, a las que se deberán sumar los vehículos eléctricos de uso particular. Esto terminará generando la necesidad de electrolíneas repartidas a lo largo de la geografía de Quito, más aún si teniendo la certeza que existirían vehículos eléctricos que estarán involucrados en el proceso de transporte público.

En la actualidad la electromovilidad (movilidad en base a electricidad) se fundamenta principalmente en 5 diseños de vehículos eléctrico que se comercializaban a nivel mundial:

1. Vehículos híbridos ligeros (conocidos como MHEV)
2. Vehículos híbridos eléctricos (conocidos como HEV)
3. Vehículos híbridos eléctricos enchufables (conocidos como PHEV)
4. Vehículos eléctricos de batería pura (conocidos como BEV), y
5. Vehículos de pila de combustible de hidrógeno (conocidos como FCEV)

De estos solo los PHEV y BEV tienen la capacidad de ser enchufados para recargar sus baterías con fuentes eléctricas externas generalmente se los conoce como PEVs.

Los vehículos híbridos Ligeros o mild-híbridos (MHEV), asisten con torque al motor de combustión interna, con lo cual se genera una menor demanda de combustible, el sistema eléctrico evita que el alternador del vehículo no trabaje de forma permanente y también reduce la demanda de energía que se demanda del motor, este tipo de vehículos no se conectan para recargar la batería, ya que esta se recarga con la energía cinética del vehículo. (Isla, 2019)

Los vehículos híbridos eléctricos (HEV) combinan motores eléctricos y batería con uno de combustión interna, y según sus prioridades o determinan el uso del sistema eléctrico o el motor de combustión interna, en estos vehículos la recarga de la baterías eléctricas se realiza mediante el aprovechamiento de la energía cinética en un proceso conocido como frenado regenerativo o auto recarga, la capacidad de desplazamiento con el sistema eléctrico está en función de la capacidad de sus batería. (Gómez, 2016)

Las cuales oscilan entre 1 y 2 kWh. Como los HEV no requieren conectarse para recargar sus baterías suelen ser excluidos del grupo de vehículos eléctricos y solo se les considera como un proceso para facilitar el paso a la electromovilidad. (Gómez, 2016)

Los vehículos híbridos eléctricos enchufables (PHEV) recargan su batería mediante el frenado regenerativo y también conectándose a fuentes externas, de igual forma que todos los vehículos eléctricos el nivel de autonomía eléctrica depende de la capacidad de sus baterías (de 4 a 20 kWh), la autonomía eléctrica en este tipo de vehículos oscila entre 15 y 70 Km. Como estos vehículos pueden ser cargados por fuentes externas de manera frecuente, el uso de combustibles fósiles disminuye notablemente si los recorridos son cortos, llegando a mantenerse por semanas sin la necesidad de generar emisiones atmosféricas. (Gómez, 2016)

Los vehículos eléctricos de batería pura (BEV) no tiene motor de combustión interna y únicamente se movilizan utilizando la energía de sus baterías, mismas que se recargan por la energía cinética mediante el frenado regenerativo (proceso marginal) y la toma de energía desde fuentes externas, el nivel de autonomía depende exclusivamente de la capacidad de sus baterías (20 y 55 kWh) que les permite desplazarse entre 80 y 250 Km.

Considerando que la recarga de las baterías se realice con energía proveniente de fuentes no contaminantes (solar, eólica, mareomotriz, geotérmica, etc.), esta opción se convierte en la principal tecnología para lograr la movilidad cero emisiones en vehículos de pasajeros. (Gómez, 2016)

Los vehículos de pila de combustible de hidrógeno (FCEV) también son cero emisiones por el tubo de escape, pero se alimentan de electricidad generada por una pila de combustible de hidrógeno que se instala en el mismo vehículo, la mayor dificultad de este tipo de tecnología es el costo que implica (pila de células de combustible y la infraestructura para el abastecimiento de hidrógeno de calidad).

Por otra parte, las ventajas que presentan este tipo de vehículos (FCEV) respecto de los vehículos eléctricos de batería pura (BEV), están en el nivel de autonomía (450 Km) y el tiempo de recarga (5 minutos). (Gómez, 2016)

Según lo indica Isla y otros, 2019, en 2017 se comercializaban a nivel mundial 56 modelos de vehículos híbridos eléctricos enchufables (PHEV) y 109 modelos de vehículos eléctricos de batería pura (BEV), de aproximadamente 20 fabricantes reconocidas a nivel global. (Isla, 2019)

Con la recopilación de información se procede a realizar una tabla comparativa descrita a continuación para comprender las semejanzas y diferencias entre los diversos tipos de vehículos eléctricos.

**Tabla 6.***Comparación de las Características Principales de los Vehículos Eléctricos*

Características	Tipo de Vehículo			
	MHEV	HEV	PHEV	BEV
<b>Start /Stop</b>	Si	Si	Si	Si
<b>Freno regenerativo</b>	Si	Si	Si	Si
<b>Manejo 100% eléctrico</b>	No	Si	Si	Si
<b>Asistencia de potencia</b>	Si	Si	Si	Si
<b>Motor eléctrico (KW)</b>	10 a 15	Más de 20	Más de 50	Más de 50
<b>Batería</b>	6-6,5 Ah, <1 KWh, 144 voltios, NiMH / Li	6-6,5 Ah, > 1 KWh, 330 voltios, NiMH / Li	4-16KWh, Li-ion	10-100kWh, Li-ion
<b>Voltaje de operación (V)</b>	12 / 144	12 / 500	12 / 500 +	12 / 500 +
<b>Rango de manejo máximo (Km)</b>	Gasolina: ~ 600 Eléctrico: 0	Gasolina: ~ 600 Eléctrico: 0	Gasolina: ~ 600 Eléctrico: 16 - 96	Eléctrico: 536+
<b>Costo adicional de motor y transmisión USD (\$)</b>	500 - 1500	1200 – 3000	10% – 15% costo del vehículo	20% – 30% costo del vehículo
<b>Reducción de emisiones en la operación del vehículo</b>	5 – 20%	~30%	Hasta 80% (dependiendo del ciclo de manejo)	1200% (sin emisiones del motor)
<b>Ganancia de eficiencia de combustible</b>	5-20%	20 a 30%	Más de 50%	Sin combustible

*Fuente: Información obtenida y adaptada de Frost & Sulliban con base en hojas técnicas de los fabricantes*

(Isla, 2019)

Los BEV presentan como sus aspectos más importantes y llamativos el motor 100% eléctrico, el confort de su conducción, superioridad técnico-ecológica, la eliminación del ruido, y que no genera ningún tipo de emisión que contamine el aire. (Isla, 2019)

En los vehículos eléctricos de batería (BEV), la batería es uno de los ejes de análisis más importante, ya que de ella depende la autonomía que puede alcanzar el vehículo y las prestaciones que ofrece el mismo.

Al inicio la autonomía de estos BEV era mínima respecto de un vehículo con motor de combustión interna, gracias a los actuales avances tecnológicos en lo referente a materiales (compuestos químicos que conforman las baterías), optimización de consumo y recuperación de energía (motor-generator), se ha logrado mejorar la autonomía.

En la Tabla 7 se observa las características de autonomía y capacidad de baterías en algunos BEV, se indican algunos modelos de diferentes gamas y marcas.

**Tabla 7.**

*Características de Autonomía y Capacidad de Baterías en Algunos Vehículos Eléctricos*

<b>Gama</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Modelo Vehículo</b>	<b>Autonomía WLTP (Km)</b>	<b>Capacidad Batería (KWh)</b>
	Tesla	Model S 1000	610	100
	Tesla	Model S P1000	590	100
	Tesla	Model X 1000	505	100
	Tesla	Model X P1000	480	100
Gama Alta	Jaguar	I-Pace	470	90
	Porsche	Taycan Turbo S	450	93,4
	Mercedes-Benz	EQC	416	80
	Porsche	Taycan Turbo	412	93,4
	Audi	e-tron	400	95

*Continuación de la Tabla 7*

<b>Gama</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Modelo Vehículo</b>	<b>Autonomía WLTP (Km)</b>	<b>Capacidad Batería (KWh)</b>
Gama Media	Tesla	Model 3 Long Range	600	75
	Volkswagen	ID.3	550	77
	Hyundai	Kona	482	64
	Kia	e-Soul	452	64
	Ford	Mustang Mach-E	450	75,5
	Opel	Ampera-e	415	60
	Renault	ZOE	390	52
	Nissan	Leaf e-Plus	385	62
	Peugeot	e-208	340	50
BMW	i3	255	22	

*Fuente: Información obtenida de Diseño de una caja de baterías para un coche eléctrico (Rovira Roverer, 2020)*

Compilando la información para la elaboración de la tabla 7 se buscó segmentar el mercado principalmente en vehículos de gama alta y gama media, con la ausencia de la gama baja ya que al ser una tecnología en vías de desarrollo para el parque automotor global vehículos eléctricos de gama baja, se encuentran en desarrollo. Como ya se indicó las características de las baterías influyen mucho en la autonomía de los BEV, también son importantes la capacidad de manejar la energía y la necesidad de realizar recargas, ya que influyen en su vida útil. En la Tabla 8 se observa las diferentes características de las baterías.

**Tabla 8.**

*Características de los Diferentes Tipos de Baterías que se Encuentran a Disposición de los Vehículos Eléctricos*

<b>Tipo Batería</b>	<b>Características</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>	<b>Densidad (Wh/Kg)</b>	<b>Ciclo de vida (carga-descarga)</b>	<b>Mantenimiento</b>	<b>Temperatura de trabajo (°C)</b>
PB-ácido Plomo ácido	La tecnología más antigua	Bajo costo	Pesadas				
	Están entrando en decadencia	Buena respuesta al frío	Plomo es tóxico				
	Principalmente son de 6 o 12 voltios		Capacidad de recarga lenta	30-40	500 - 800	Necesidad de mantenimiento periódico	-20 a 50
	Utilizadas en los autos principalmente para su arranque, iluminación o soporte eléctrico}						
	Ofrecen una autonomía de 100Km						

## Continuación de la Tabla 8

Tipo Bateria	Características	Ventajas	Desventajas	Densidad (Wh/Kg)	Ciclo de vida (carga-descarga)	Mantenimiento	Temperatura de trabajo (°C)
<b>NiCd</b>	Bastante usadas en la industria automotriz	Fiabilidad (no fallan en forma repentina)	Alto costo de adquisición				
<b>Níquel-Cadmio</b>	Costo elevado	Se puede reciclar toda la batería	Efecto memoria	40-60	1500 - 2000	Procesos de mantenimiento específico, pero con menor frecuencia que las de PB-ácido	0 a 50
	Presentan efecto memoria		Materiales altamente contaminantes				
			Envejecimiento prematuro con el calor				
<b>NiMh</b>		Reducción del efecto memoria	Menor fiabilidad que las NiCd				
<b>Níquel - hidruro metálico</b>	Principalmente usada en los vehículos híbridos	Eliminan el Cadmio	No soportan fuertes descargas Baja resistencia a las altas temperaturas Menor resistencia a altas corrientes de carga	30-80	300 -500	Elevado	0 a 50

## Continuación de la Tabla 8

Tipo Batería	Características	Ventajas	Desventajas	Densidad (Wh/Kg)	Ciclo de vida (carga-descarga)	Mantenimiento	Temperatura de trabajo (°C)
<b>LiCoO2</b>	La tecnología de creación reciente	Alta densidad	Alto costo de producción				
<b>Ion-litio</b>							
	Alta densidad energética	Menor tamaño y peso ligero	Fragilidad				
	1/3 más pequeñas que las de NiCd	Alta eficiencia	Necesitan un circuito de seguridad Requieren almacenaje cuidadoso	100 – 250	400 - 1200	No requiere n	
	Se ven como la solución para los vehículos eléctricos						
<b>Ion-litio</b>		No tienen efecto memoria					
	No utiliza Cobalto	Seguridad	Menor densidad energética				
<b>Con Cátodo de LiFePO4</b>							
	Gran seguridad y estabilidad por alto contenido de hierro	Estabilizada	Alto costo	90 – 100	Mayor a 2000	No requiere	-20 a 60
		Potencia					

*Continuación de la Tabla 8*

<b>Tipo Bateria</b>	<b>Características</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>	<b>Densidad (Wh/Kg)</b>	<b>Ciclo de vida (carga-descarga)</b>	<b>Mantenimiento</b>	<b>Temperatura de trabajo (°C)</b>
<b>LiPo</b>	Variación de las de Ion-litio	Ligeras	Alto precio	300	Bajo las 1000	No requieren	
<b>Polímero de litio</b>	Alta densidad energética y potencia	Eficientes	Ciclo de vida corto				
	Bajo peso						
	Eficientes						
	Sin efecto memoria						

*Fuente: Información obtenida del Diseño de una caja de baterías para un coche eléctrico (Rovira Roverer, 2020)*

Tal como se puede observar en la Tabla 8 el avance tecnológico en los materiales que se utilizan para la construcción de las baterías han mejorado las condiciones de seguridad, eficiencia, ligereza y densidad energética, al ser tecnología nueva plantea costos elevados, aunque el mayor inconveniente que se presenta es la corta vida útil (ciclos de carga-descarga). En la Tabla 9 se observan las marcas, modelos, capacidad y tipo de batería de algunos vehículos eléctricos que se encuentran en el mercado.

**Tabla 9.***Tipos y Capacidades de Baterías de Autos Eléctricos Presentes en el Mercado Automotriz*

<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Capacidad (KWh)</b>	<b>Tipo de batería</b>
Audi	E-tron	95	Ion-Litio
BMW	i3	22	Ion-Litio
BYD	E6	54	Ion-Litio
Chevrolet	Volt	16	Ion-Litio
Ford	Focus	23	Ion-Litio
Hyundai	Ioniq	28	Ion-Litio
Kia	Soul	27	Ion-Litio
Mercedes Benz	ED	36	Ion-Litio
Mitsubishi	i-iEV	16	Ion-Litio
Nissan	Leaf	24	Ion-Litio
Opel	Ampera-e	60	Ion-Litio
Peugeot	Ion	14,5	Ion-Litio
Renault	Twizy	6.1	Ion-Litio
Volkswagen	e-Golf	26,5	Ion-Litio
Tesla	Model X	75	Ion-Litio
Little	Ebox	10	Acido-Pb
Mahindra	Reva	-	Acido-Pb
Eve		-	Pb
Noun	Electric	11	Pn

*Fuente: Información obtenida de Óptima asignación de recursos energéticos para respuesta de la demanda por vehículos eléctricos usando algoritmo húngaro (García Torres, 2018)*

Todas estas baterías brindan un rango de autonomía, que lo estipula el fabricante, con referencia al uso de la carga desde el 100% al 0%, de la misma, esto en el diario vivir no resultaría de agrado realizarlo ya que bajar la energía de una batería al 0% le puede afectar, afecta al perder iones y bajar su capacidad futura.

Sin embargo, esto se da para efectos de promover que los BEVs se vendan. Como lo indican en su estudio Duque y Rocano, 2018; la autonomía de los BEV se calcula en función de múltiples variables (aplicando los modelos NEDC -europeo- y EPA-americano-) y según lo experimentaron en la ciudad de Cuenca la autonomía de los BEVs principalmente se ve afectada por: corriente de descarga (A), energía de descarga (KW), tiempo de operación (s), temperatura del motor (°C) y odómetro (Km).

En los vehículos eléctricos la autonomía que estipula el fabricante se la conoce como autonomía nominal y la autonomía real se la ha identificado como cercana al 89% (NEDC 89,13% y EPA 89,97%) de la autonomía nominal (Duque, 2018), se debe tener en cuenta que la autonomía real no es obtenida en un ambiente óptimo, es decir con una velocidad medianamente constante y sin aceleraciones bruscas, lo que hace que el manejo del vehículo en el tráfico en donde se tienen varias paradas y movimientos, el momento de romper la inercia estática del vehículo al acelerar el vehículo demanda de un mayor uso de las baterías, de igual forma se usa la energía de las baterías al momento de acelerar de manera brusca cuando se quiere subir la velocidad del vehículo. Como se menciona la variación en el uso de la energía baja la autonomía lo que termina generando la necesidad de cargar más frecuentemente las baterías, que depende principalmente de la distancia que el vehículo recorra y el tipo de conducción se realice.

Las baterías son dispositivos que almacenan energía en forma química y que cuando se requiere la entregan como energía eléctrica, como ya se ha indicado las baterías pueden estar constituidas por diferentes materiales, dependiendo de estos y su estructuración pueden presentar mayor o menor capacidad de carga, variar su vida útil, necesidad de mantenimiento, etc. Como se puede ver en la Tabla 9, las baterías pueden estar construidas con diversos materiales, y según se observa las baterías más usadas son las de ion-litio.

Las baterías de los BEV se pueden recargar de energía por dos formas fundamentalmente, por conexión física (mediante pórticos de conexión y cables eléctricos) y por inducción (mediante alineación de bobinas inductoras), cada una de estas formas presentan ventajas y desventajas.

Para realizar la recarga de las baterías con seguridad se requiere contar un dispositivo de corriente residual o interruptor diferencial de corriente residual (DCR), en Europa se los conoce como RCD + MCB (interruptor de circuito en miniatura) mejor conocido como interruptor automático de corriente residual con protección de sobre corriente (RCBO), en los Estados Unidos de Norte América el dispositivo se denominan como interruptor de circuito de falla a tierra (GFCI), interruptor de falla a tierra (GFI) o interruptor de corriente de fuga (ALCI), en Australia se los conoce también como interruptores de seguridad o RCD. También se puede utilizar un disyuntor de fuga a tierra (ELCB) que actuaría como un dispositivo de corriente residual, y aún más se puede usar un antiguo disyuntor de fuga a tierra operado por voltaje. (Tongou Electrical, 2019)

La recarga de los VEs se puede realizar según 4 modalidades:

- MODO 1 con corriente alterna - lenta, se realiza mediante la conexión del VE a la red de corriente alterna, mediante conectores normalizados, con una intensidad máxima de 16 A. y una tensión de alimentación máxima de 250 V de corriente alterna monofásica o 480 V de corriente alterna en trifásico y utilizando conductores activos de protección.

- MODO 2 con corriente alterna - lenta, en esta modalidad se conecta el VE a la red de corriente alterna con máximo 32 A y 250 V en corriente monofásica, o 480 V en trifásica, siempre utilizando tomas de corriente normalizadas ya sea en monofásico o trifásico, utilizando conductores activos y de protección conjuntamente con una línea de protección piloto y un sistema de protección de las personas (contra choque eléctrico DCR), colocado entre el VE y la clavija o como parte del sistema de control situado en el conector del cable.
- MODO 3 con corriente alterna – conexión directa, se realiza mediante conexión directa del VE a la corriente alterna usando un SAVE, donde la función de control piloto se amplía al sistema de control del SAVE estando conectado de forma permanente a la instalación de alimentación fija.
- MODO 4 con corriente continua – conexión indirecta, se realiza mediante conexión indirecta del VE a la corriente alterna usando un SAVE que incorpora un cargador externo el cual cumple la función de control piloto y se extiende al equipo conectado permanentemente a la instalación de alimentación fija. (Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, 2017)

Las diferentes modalidades de carga se logran mediante la utilización de diferentes tipos de conectores, y para la conexión física presenta una variedad de opciones, y se tienen varios estándares, que se utilizan según la región donde se realice este proceso.

- En Norteamérica y la zona Pacífico (Japón) se aplica el estándar SAE-J1772
- En China se aplica el estándar GB/T 20234
- En Europa se aplica el estándar IEC-62196-1, IEC 6291-2 y IEC 62196-23

En la Tabla 10 se describen las características de los diferentes tipos de conectores

**Tabla 10.**

*Características de los Conectores para Recarga de VE*

<b>Conectores</b>	<b># de pines</b>	<b>Tensión Máxima (V)</b>	<b>Tipo de Corriente</b>	<b>Corriente (A)</b>	<b>Conectores - Normativas</b>	<b>Condición de carga (h)</b>
<b>Tipo 0</b>	3	127	C.A.	16	Schuko	Lenta -8
<b>Tipo 1</b>	5	250	C.A.	16 a 32	SAE J1 772	Lenta (6-8)
<b>Tipo 2</b>	7	500	C.A.	16 a 64	IEC 62196-2; GB/T 20234	Lenta (6-8)
<b>Tipo 3</b>	7	500	C.A.	32 a 64	IEC 62196-1; GB/T 20234	Rápida (3-4)
<b>Tipo 4</b>	9	500	C.C.	400	IEC 62196-23	Ultra Rápida (0,25-0.5)

*Fuente: Información recopilada de múltiples fuentes, elaboración Autor.*

La carga de las baterías por conexión física se puede manejar por varios tipos de conectores como ya se indicó, en la Figura 5 Conectores del cargador de batería macho y hembra globales.

**Figura 5.**

*Conectores del cargador de batería macho y hembra globales.*

			
SAE J1772 Type 1 1Φ 240V/7.68kW	IEC 62196-2 Type 2 3Φ 400V/12.8kW	GB/T 20234 AC 3Φ 380V/12.16kW	Tesla Supercharger 480V/140kW
			
GB/T 20234 DC 750V/187.5kW	CHAdemo 500V/200kW	CCS Combo 1 600V/75kW	CCS Combo 2 1000V/200kW

*Fuente: Información obtenida de (Ronanki, 2019)*

La necesidad de recargar las baterías de forma rápida y simple plantea que los centros de recarga (electrolineras) lo permitan, para que esta actividad se realice con seguridad y rapidez se han definido estándares que garanticen el proceso, para esto se ha definido normativa internacional para la implementación de la red necesaria para la recarga para coches eléctricos descritas a continuación;

- “ITC BT-23: Protección contra sobretensiones, aquí se norma las instalaciones eléctricas interiores contra las sobretensiones transitorias que se transmiten por las redes de distribución y que se originan, fundamentalmente, como consecuencia de las descargas atmosféricas, conmutaciones de redes y defectos en las mismas” (MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA, 2017)
- “UNE EN 62196-1: marca los requisitos y las configuraciones de los conectores, clavijas, bases, entradas y cables de carga que se indican en la norma UNE EN 61851-1” (Sedano, 2013)

- “IEC 62196-2: marca la configuración de los conectores de carga, donde existen 2 tipos de configuraciones que se usan en VE, la configuración de tipo 1, apta para una tensión de 250 V y 32 A en sistema monofásico, y la configuración tipo 2 adecuada para tensiones de 250 V con corrientes de 13 A a 70 A en monofásico o de 380-480V con corrientes desde 13 A a 63 A en trifásico”
- “UNE -EN 61851-1: Establece los requisitos generales para los sistemas conductivos de la carga en VE, marca las funciones que se deben cumplir en cada modo de carga. En los modos 2, 3 y 4 se requiere: la verificación de que el vehículo esté conectado correctamente, la comprobación continua de la integridad del conductor de tierra de protección y la activación/desactivación del sistema, entre otras funciones que también se definen están la selección de la l velocidad de carga, la determinación de los requisitos de ventilación del área de carga, el ajuste de la corriente de carga disponible en tiempo real del equipo de alimentación, retención/liberación del acoplador, el control del flujo de potencia bidireccional hacia y desde el vehículo, etc.” (Sedano, 2013)

Si bien, las electrolíneas cumplen con toda la normativa técnica, los tiempos de recarga de las baterías de los VE, depende del tipo de vehículo y de la batería que este lleva, los tiempos oscilan entre 8 horas y 20 minutos.

Dentro de las principales dudas que tiene la sociedad al momento de incursionar en la curiosidad de la adquisición de un vehículo eléctrico, es la preocupación de la duración de la batería del vehículo, y al momento de decidir el realizar la adquisición de un vehículo eléctrico, su preocupación se enfoca en las siguientes interrogantes:

- ¿Cuánto tiempo tardará en cargarse mi vehículo?
- ¿Dónde podré realizar la carga a mi vehículo?

- ¿A dónde vaya tendré un conector para poder recargar mi vehículo en caso de ser necesario con el cargador de emergencia que me suministra el fabricante del vehículo?

Partiendo de estas interrogantes y en búsqueda de facilitar la migración de la movilidad por combustibles fósiles hacia una movilidad eléctrica pura, es que se considera la fabricación de electrolineras. Para poder mitigar las dudas anteriormente citadas a los próximos compradores de vehículos eléctricos.

Tomando en cuenta que existen diversos conectores para los distintos vehículos eléctricos, los tiempos de carga en una electrolinera estarán rondando un tiempo similar al proceso de repostaje de un vehículo a gasolina, con los estándares de conexión de la figura 5, se pueden tener tiempos aproximados de carga del 0% al 80% de 20 minutos. (Hernández, 2015)

Según el Comercio, en el 2016 se tenía como dato que en Quito y Guayaquil un vehículo convencional recorría una distancia promedio de 40 km, con este dato y según la autonomía convencional promedio de los vehículos eléctricos que va aumentando año tras año con el avance tecnológico, Tal como se puede ver en la Figura 6.

### Figura 6.

*Rangos de Autonomía de los Vehículos Eléctricos puestos a la venta en los Estados Unidos de Norteamérica entre los años 2011 y 2020.*



*Fuente: Información obtenida de (Ecotecnología del vehículo, 2021)*

Tal como se puede observar en la Figura 6 los avances han sido significativos, y el rango medio de un vehículo eléctrico para el año 2020 es de poco más de 250 millas, lo que se traduce en 400 km, tomando en cuenta que este estudio es realizado en EEUU, para poder escalar esto a Latinoamérica, se tomará en cuenta que a esta región no suelen llegar todas las unidades de mayor gama de vehículos de los fabricantes, por lo que se tomará en cuenta una reducción de la autonomía promedio, y se asume una autonomía igual al 70% de la que se podría encontrar en promedio en EEUU, lo que representa una autonomía promedio de 280 Km.

Si un vehículo convencional transita 40 km promedio en las ciudades principales de país que son Guayaquil y Quito, esto indicaría que el vehículo podría recorrer sin necesidad de una recarga un aproximado de 7 días, esto si se considera que la batería se encuentre cargada al 100% y se planteó que se puede llegar a gastarla en su totalidad (situación que no es real).

Es por ello que se toma en cuenta que únicamente se puede utilizar el 80% de la autonomía, por tanto, se puede decir que la autonomía media sería de 225 Km aproximadamente, esto obliga a que el vehículo promedio podría circular 5 días sin necesidad de cargarse. Mientras que, por otro lado, en el sector de transporte, según Paz y Duque 2015 un taxi convencional en la ciudad de Quito recorre 4 veces más que un vehículo promedio, es decir 160 km, lo que significa que el taxi eléctrico necesitaría recargar su batería cada 1.4 días (Paz, 2015). Con esta demanda y la presión legal que estipula que para el año 2025 todo el sector público y el servicio de transporte público deberán ser 100% eléctricos, surge la necesidad social del sistema de electrolinerías.

En la actualidad en el continente europeo, es en donde se encuentran con mayor densidad puntos de recarga eléctrica o electrolinerías. Siendo así que, para el 2020 en la Unión Europea se encontraban 199825 puntos de recarga, de los cuales más del 25% se encuentra en Países Bajos, en Alemania 20% y un 15% y 14% en Francia y Reino Unido, respectivamente. Tomando en cuenta que estos países representan más del 75% de los puntos de recarga, solo cubren un 27% de la superficie total de la Unión Europea. Se debe tomar en cuenta que a lo largo de toda la Unión Europea tan solo el 14.3%, es decir, 28586 puntos soportan la recarga rápida. (Redondo, 2020)

Por otro lado, en el continente Americano, en Norte América se tiene varias empresas interesadas en el mercado de las electrolinerías, la mayor fuerza es el reconocido consorcio manufacturero de vehículos eléctricos Tesla, quien cuenta con más de 2500 estaciones de carga y más de 25000 supercargadores alrededor del mundo.

También está General Motors, quien está por desarrollar un contrato para un total de 40000 estaciones de carga para toda Norteamérica, al mismo tiempo Electrify América está desarrollando un proyecto a 10 años para 2800 puntos de recarga hasta el 2027 en Estados Unidos. (Criado C. S., 2018) (VOI, 2021)

Mientras que, la realidad de Latinoamérica no es tan prominente, en la Figura 7, se tienen los 9 electro corredores (para vehículos eléctricos) que en esta zona existen, aquí se observa claramente que en la parte central de esta gran región no existen, y es allí donde se encuentra el Ecuador.

### Figura 7.

#### *Electro corredores en Latinoamérica.*



*Fuente: Información obtenida de (PNUMA, 2019)*

## **Propuesta**

Por todo lo que hasta el momento se ha expuesto, es necesario que en Ecuador se dé un fuerte impulso al diseño e instalación de electrolineras, todo esto si se espera que se cumpla con la ley de Eficiencia Energética, que en su artículo 14 establece que todo vehículo que ingrese para el servicio en entidades públicas o transporte público deberá ser eléctrico, y esto no será posible de implementar, si no se desarrolla y mantiene un sistema de electrolineras que faciliten la recarga de los autos de forma eficiente y segura.

Esta investigación aportará con el diseño de un prototipo de electrolinera donde se tenga facilidades que permitan la recarga de baterías de vehículos eléctricos en modo rápido y súper rápido, así como también, de varios vehículos a la vez (aproximadamente 8).

### ***Objetivo general***

Diseñar una electrolinera que pueda realizar el abastecimiento de energía en forma rápida y ultrarrápida a múltiples vehículos al mismo tiempo, mediante la aplicación de especificaciones técnicas para asegurar estándares de calidad y seguridad.

### ***Objetivos específicos:***

- Determinar la necesidad de electrolineras y número de cargadores mediante estudios que determinen la cantidad de vehículos eléctricos que podrían estar circulando en Quito en los años 2025 y 2032 para cubrir de manera eficiente el servicio de recarga eléctrica en la ciudad.

- Analizar las normativas que deben cumplir las instalaciones eléctricas, mediante el estudio de los requisitos técnicos entregados por los fabricantes y los requisitos legales del país, para garantizar la entrega de energía con la potencia necesaria en cada punto de carga de forma segura.
- Analizar potenciales peligros del proceso de recarga de baterías de vehículos eléctricos para la definición de medidas de prevención y control de riesgos que amenacen a los usuarios de las electrolinerías y así garantizar una operación segura.
- Diseñar la implantación general de la electrolinera y diagrama de bloques eléctricos mediante el uso de software CAD, para garantizar una distribución que facilite una operación segura y se tenga una idea clara de cómo sería la instalación en la vida real.

## **Materiales y Método**

### **Nivel de Estudio**

El presente estudio es de nivel descriptivo, ya que, de acuerdo con los objetivos planteados, inicialmente se asocian variables buscando identificar proyecciones de la cantidad de vehículos eléctricos en el futuro a corto y mediano plazo (2025 y 2032), y con esta información determinar la necesidad de electrolineras y cargadores por electrolinera.

Con la información ya definida se procederá a describir las características de la electrolinera prototipo para la ciudad de Quito.

### **Modalidad de la Investigación**

La investigación se realizó en modalidad documental, ya que se desarrolló a partir de la información recabada de diferentes documentos encontrados en:

- Revistas técnicas,
- Trabajos de titulación,
- Informes de instituciones locales, nacionales e internacionales, y
- Textos académicos

### **Método**

En la investigación se empleó el método cuantitativo ya que en función de datos numéricos encontrados en documentos preexistentes se desarrolló proyecciones a futuro, y se procedió a determinar y describir características de una electrolinera en forma gráfica y numérica.

### ***Población***

La población estudiada corresponde a todos los vehículos eléctricos e híbridos que han sido comercializados en el país, hasta el año 2020, y luego se planteó particularizar a la población de vehículos en la ciudad de Quito.

### ***Criterios de Exclusión***

Se excluye cualquier vehículo eléctrico que no haya sido desarrollado por las marcas comerciales autorizadas en nuestro país, así como también los vehículos eléctricos que no sean diseñados para recargarse con el estándar ChaDeMO.

### ***Criterios Técnicos***

- Mediante el análisis y la valoración crítica se procede a identificar información bibliográfica que presenta información útil para el presente estudio.
  - Principios de Estadística descriptiva (identificación de valores de tendencia central - media-, tasa de variación anual),
  - Especificaciones técnicas de los cargadores de baterías para vehículos eléctricos
  - Criterios legales y planes técnicos sobre vehículos eléctricos en Ecuador
- a) Para iniciar el estudio es necesario tener una aproximación de la cantidad de vehículos eléctricos que en corto y mediano plazo estarán circulando en la ciudad de Quito, y se emplea la fórmula para determinación de la Tasa de Variación Anual (proceso muy utilizado en cálculos económicos), ya que se considera muy útil para realizar proyecciones en base a los datos y análisis que se tiene para el presente estudio, lo que permite tener una aproximación de la cantidad de vehículos eléctricos que estarán circulando en Quito.

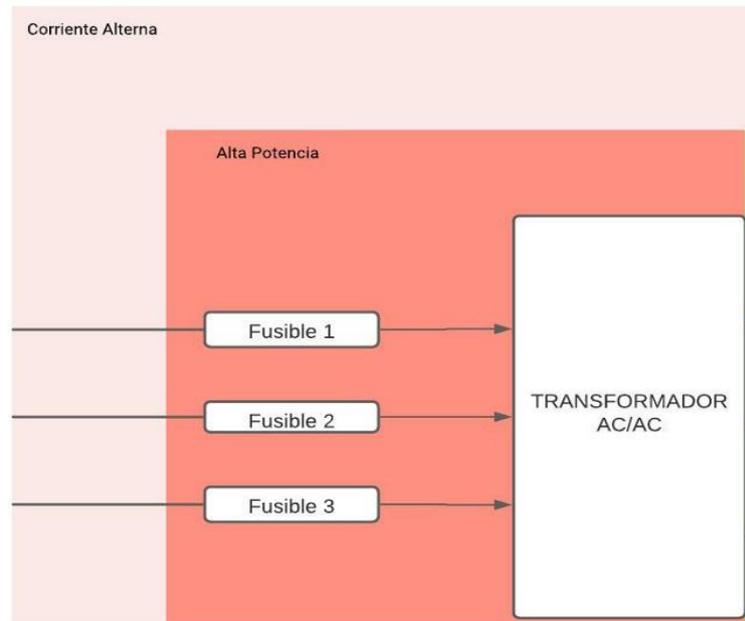
El cálculo de la tasa de variación anual se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$TVA = \left( \left( \frac{\text{Valor en período } n}{\text{Valor período base}} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right) * 100 \quad (1)$$

- b) Para el estudio de la corriente y voltaje del macro circuito de la electrolinera se fundamenta en las Figuras 8 y 9.

**Figura 8.**

*Primera parte del Diagrama del diseño eléctrico de la electrolinera*

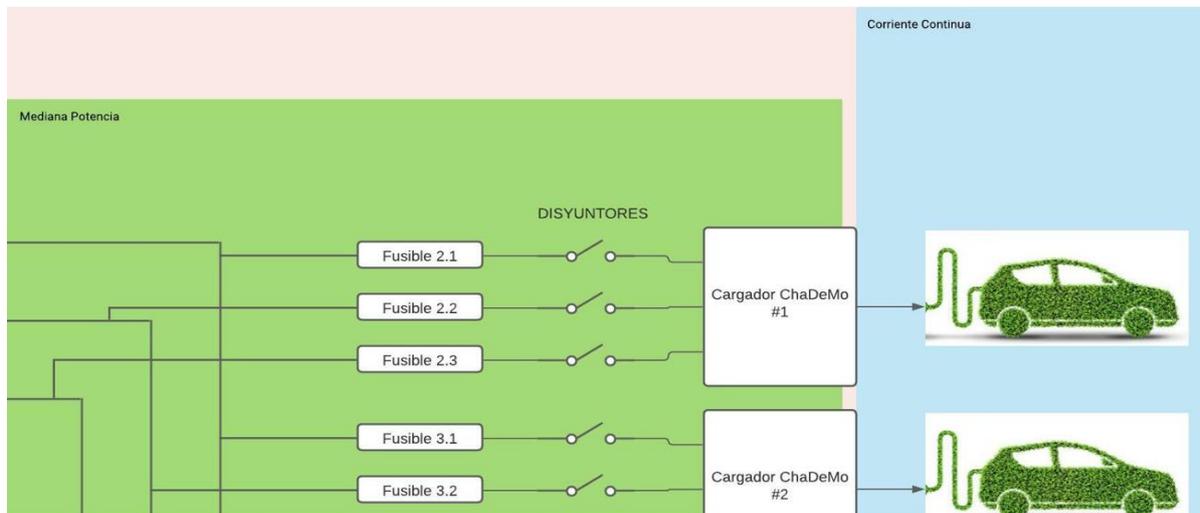


*Fuente: Autor*

*Nota: Primera parte del diagrama eléctrico, donde se puede observar los fusibles de protección para el transformador principal de la electrolinera (Zona de Alta potencia y manejo de corriente Alterna), elaborado por Autor. Diagrama completo adjunto en anexos*

**Figura 9.**

*Segunda parte del Diagrama del diseño eléctrico de la electrolinera*



*Fuente: Autor*

*Nota: Segunda parte del diagrama eléctrico de la electrolinera, donde se puede observar los fusibles, disyuntores y cargadores de los vehículos eléctricos (Zona de media potencia y manejo de corriente Alterna y Continua) elaborado por Autor. Diagrama completo adjunto en Anexos.*

c) Tomando como partida la ecuación de la Ley de Ohm, así como también en la ecuación de potencia para el estudio del circuito en casos ideales, se tiene las siguientes ecuaciones:

$$V = I * R \quad (2)$$

$$P = I * V \quad (3)$$

Donde:  $V$  representa el voltaje (Voltio)  
 $I$  representa la Intensidad (Amperio)  
 $R$  representa la Resistencia (Ohmio)  
 $P$  representa la Potencia (Vatio)

En primera instancia se realizan los cálculos, considerando que las pérdidas son despreciables, es decir que no existirán pérdidas, aunque para los resultados finales se genera el cálculo tomando en cuenta que, al manejar altos niveles de voltaje y corriente en la electrolinera, se presentaran perdidas en la instalación eléctrica, por lo que se emplearon las siguientes ecuaciones:

$$I = \frac{P}{V \times \sqrt{3}} \quad (4)$$

Inicialmente se necesita realizar el cálculo de la corriente principal para cada uno de los cables que alimentan el primer transformador, de subestación que alimenta a la electrolinera.

Para evaluar las pérdidas en la electrolinera es necesario el empleo de las ecuaciones 5 y 6, y así determinar las pérdidas por resistencia y reactancia que se tendrá en cada una de las líneas de transmisión de energía.

$$p = 3 * i^2 * R * l * Fp \quad (5)$$

$$q = 3 * i^2 * X * l * Fp \quad (6)$$

En donde:  $p$ : Pérdida por resistencia

$i$ : Corriente dado en amperios

$R$ : Resistencia del conductor en corriente alterna dado en Ohm/km

$l$ : Longitud del conductor en kilómetros

$X$ : Reactancia Inductiva en Ohm/Km

$Fp$ : Factor de potencia considerado

$q$ : Pérdida por reactancia

Para el cálculo del factor de potencia considerado se emplea la siguiente ecuación:

$$Fp = 0.7 * Fc^2 + 0.3 * Fc \quad (7)$$

En donde:  $Fc$ : Factor de corrección

El cual se estima con la ecuación 7.

$$Fc = \frac{\text{Potencia Promedio}}{\text{Potencia Máxima}} \quad (8)$$

Donde la potencia promedio es la potencia que se utilizara en el sistema, mientras que la potencia máxima viene dada por el fabricante de los cargadores del vehículo eléctrico.

$$\%p = \frac{\sqrt{3} * i * R * l * Fp * 100}{VL * Fp * NCF} \quad (9)$$

Donde,  $Fp$ : factor de potencia del sistema considerado.

$VL$ : tensión de línea en voltios.

$NCF$ : número de conductores por fase

Por último, se utiliza la ecuación 8 para poder determinar el porcentaje de pérdidas en las líneas de alimentación de cada uno de los transformadores. (EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN / Unidad Centro de Excelencia Técnica Normalización y Laboratorios, 2019)

## Resultados

Luego de haber planteado la metodología se la aplicó, con lo cual se obtuvieron los resultados que se presentan a continuación:

### Calculo del parque automotriz de vehículos eléctricos

El cálculo que permite hacer un acercamiento a la cantidad de vehículos eléctricos con lo cual se basó en los estudios que indican:

- 15000 vehículos eléctricos para el 2025 (El Telégrafo, 2019)
- 292472 para el año 2032 (ARCONEL, 2019),

Se aplica el cálculo de la tasa de variación acumulada anual (TVA), para lo cual se parte del reporte de la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE) del 2020, donde se informa que hasta diciembre de ese año se comercializaron 571 vehículos eléctricos.

$$TVA = \left( \left( \frac{\text{Valor en período } n}{\text{Valor período base}} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right) * 100 \quad (10)$$

Donde:

*Valor período n*, corresponde a la cantidad vehículos (2025 / 2032)

*Valor período base*, corresponde al año 2020

*n*, número de años entre período base y el año con el cual se analiza

Los valores del TVA son:

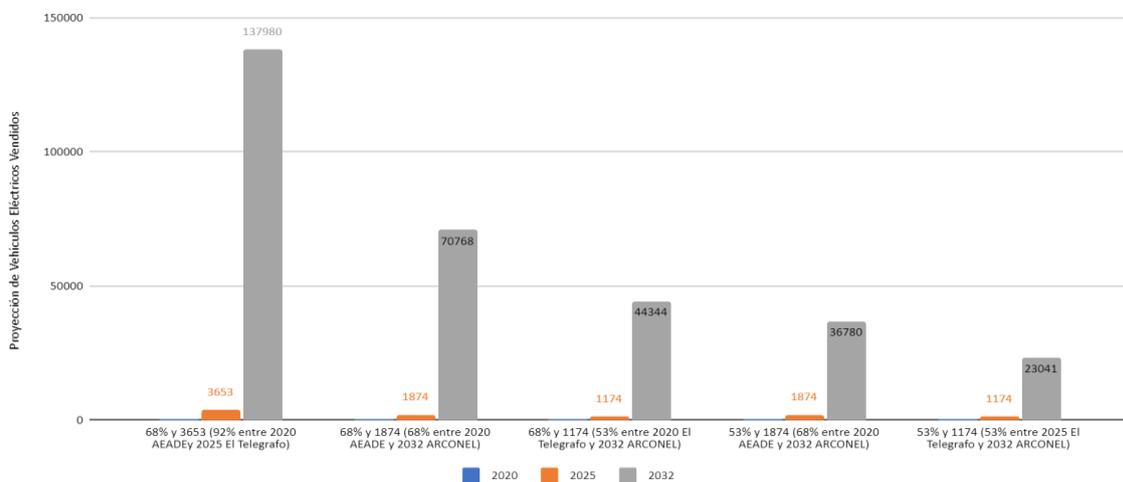
- 68% (entre 2020 -AEDA y 2032 -AECONEL),
- 53% (entre 2025 -El Telégrafo y 2032 ARCONEL), y
- 92% (entre 2020 -AEADA y 2025 -El Telégrafo)

Con la tasa de variación acumulada anual y la cantidad de vehículos eléctricos comercializados en Pichincha, se puede calcular la cantidad de vehículos eléctricos que se pueden esperar para los años 2025 y 2032 en esta provincia (mismos que principalmente se movilizan en Quito),

Con el valor acumulado de vehículos eléctricos vendidos en Pichincha hasta el año 2020 ver Tabla 5, y las Tasas de variación acumulada (TVA), se realizó el cálculo que indica aproximadamente la cantidad de vehículos eléctricos que posiblemente estarían operando en Pichincha en los años 2025 y 2032, lo cual se puede ver en la figura 10 Cálculo predictivo de la cantidad de vehículos eléctricos en Pichincha en los años 2025 y 2032.

### Figura 10.

*Cálculo predictivo de la cantidad de vehículos eléctricos en Pichincha años 2025 y 2032*



*Fuente: Información elaborada por Autor*

Si se mantiene el criterio de recarga del vehículo cada 5 días, ya que si bien la autonomía de los vehículos eléctricos puede incrementar la distancia a desplazarse de las personas también (Crecimiento Urbano), se plantea las siguientes condiciones de operación de para la operación de las electrolinerías:

- Se asume que operan 15 horas diarias (05H00 a 20H00)
- Poseen 8 cargadores disponibles
- Como no se tiene estudios de demanda se considera una ocupación del 30% del tiempo.

Con estos supuestos se procedes a calcular el número de electrolinerías que deberían estar operativas, según la cantidad de vehículos y año establecidos en la Figura 10.

**Tabla 11.**

*Número de Electrolinerías que Deberán Estar Operativas Según el Número de Vehículos Eléctricos*

<b>Año</b>	<b>Número de Vehículos Eléctricos</b>	<b>Número de Electrolinerías</b>
2025	3653	20
2025	1874	10
2032	36870	205
2032	40386	224
2032	71695	398
2032	78724	437
2032	70768	393

*Fuente: Elaborado por Autor*

Como se puede ver en la tabla 11 el mínimo de electrolinerías que debería estar operando en 2025 serían 10, y 205 para el 2032.

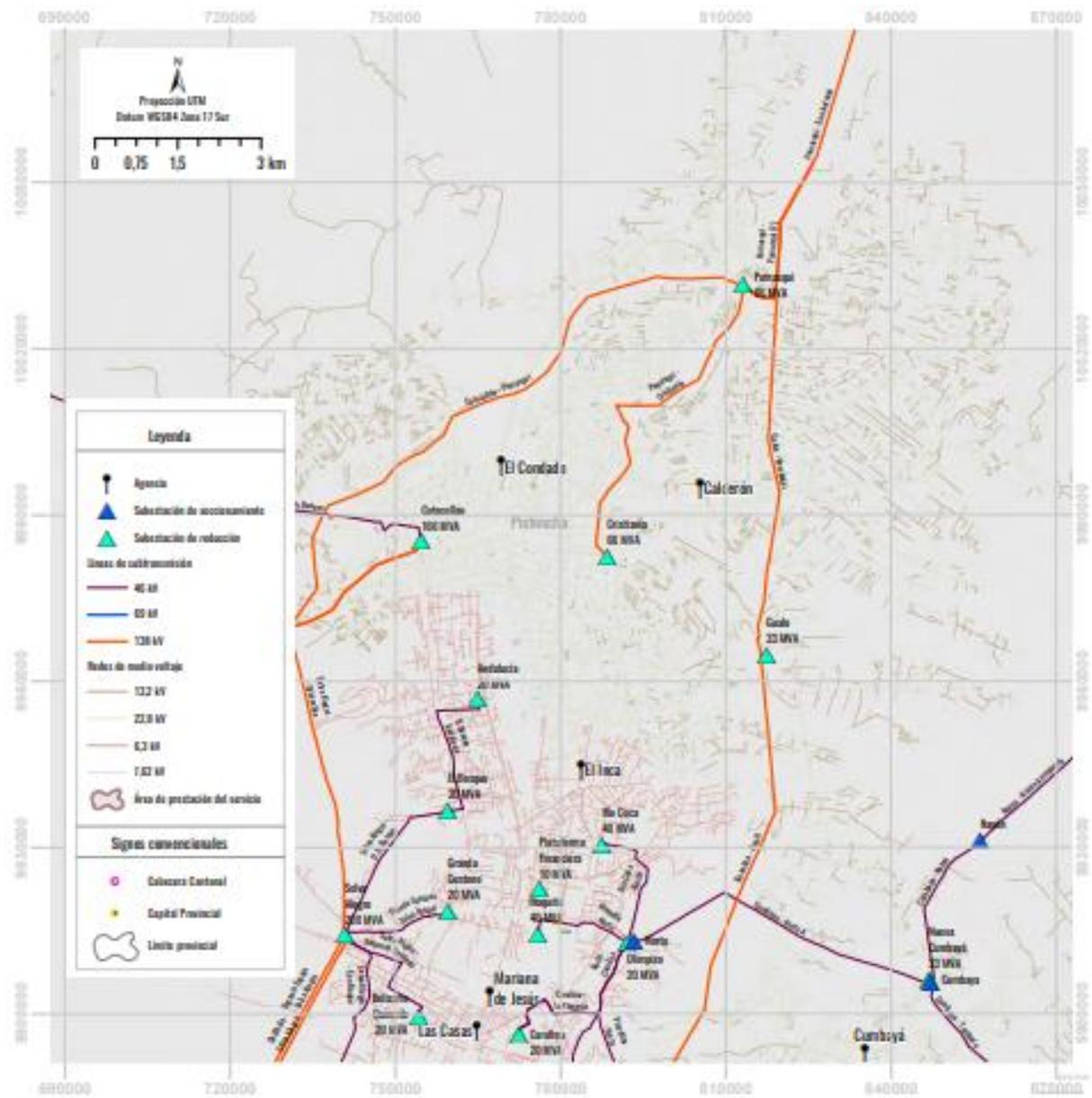
## **Determinación de calibres de cable, protecciones y demás variables de las instalaciones eléctricas**

Para la definición de equipos, calibres de cables y protecciones se requiere identificar las características de la red eléctrica de la cual se alimentará la electrolinera, el servicio de energía eléctrica lo administra la Empresa Eléctrica Quito (proveedora local de servicio de energía eléctrica). En la definición de cargadores se fundamentó en el estándar de conexión tipo ChaDeMo.

La Empresa Eléctrica Quito provee el servicio mediante redes de media tensión, con capacidad de 13,2 kV en una zona y 22 kV, estas redes se pueden observar en la Figura 11.

Figura 11.

Mapa de Infraestructura Eléctrica Empresa Eléctrica Quito



Fuente Información obtenida de (Empresa Eléctrica Quito, 2020)

**Figura 12.**

*Transformador de 22kV trifásico de 300 kVA*



*Fuente: Información obtenida de (Made in China, 2021)*

Para este caso se define el cargador del vehículo eléctrico de los que se encuentran estandarizados por ChaDeMo, se escoge el de la marca TAKAOKA TOKO CO LTD, con un número de modelo HFR1-33B, versión 0.9.1. Con un poder de salida de 30kW y una salida de voltaje de 500V. Tomando en cuenta las especificaciones este cargador realizará una carga rápida de los vehículos eléctricos. (CHAdEMO, 2021)

Conocida esta información se determina la corriente que necesitará este transformador de la siguiente manera:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{33000 \text{ W}}{500 \text{ V}} = 66 \text{ A} \quad (11)$$

Con esto se procede a escoger el cable que se encargará de transmitir la corriente en el sistema, mediante el uso de la Figura 14, se escoge trabajar con un cable 4AWG THW, ya que este cable soporta 85A.

**Figura 13.**

*Cable 4AWG THW*



*Fuente: Información obtenida de (Conducol, 2022)*

**Figura 14.**

*Calibre del cable según el amperaje soportado*

AMPERAJE - CABLE DE COBRE			
Tipo de aislante	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2 THWN-2
Nivel de temperatura	60°C	75°C	90°C
Calibre de cable	Amperaje soportado		
14 AWG	15 A	15 A	15 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A
10 AWG	30 A	30 A	30 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A
6 AWG	55 A	65 A	75 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A
3 AWG	85 A	100 A	115 A
2 AWG	95 A	115 A	130 A
1 AWG	110 A	130 A	145 A
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A

*Fuente: Información obtenida de (Construyendo.co, 2021)*

### **Cálculo del calibre del cable de conexión de la red pública 13,2 kV al transformador para el caso de carga rápida**

En este caso se tomó en cuenta la red 13,2 kV de la empresa Eléctrica Quito para la alimentación de la electrolinera, y se procede a determinar el transformador para trabajar con este voltaje, el transformador escogido es trifásico con una alimentación de 13,2 kV con una potencia de 300 KVA, este transformador se observa en la Figura 15.

#### **Figura 15.**

*Transformador de 13.2 kV trifásico de 300 kVA*



*Fuente: Información obtenida de (INELDEC, 2021)*

En este caso también se escoge un cargador del estándar ChaDeMo, el mismo que se utiliza en el caso anterior. Con esto se procede a realizar el cálculo para poder determinar el calibre del cable, obteniendo así:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{33000 \text{ W}}{500 \text{ V}} = 66 \text{ A} \quad (12)$$

Empleando nuevamente la Figura 14, se procede a escoger el cable 4AWG THW que soporta 85A (véase figura 13), lo cual se encuentra por encima de la corriente calculada en las ecuaciones anteriores, se decide utilizar este cable para poder asegurar un funcionamiento correcto de la instalación de la electrolinera, ya que en caso de utilizar un cable que soporte solamente los 66A, lo que sucederá es que el cable se calentará y la electrolinera no podría operar de manera correcta e incluso generando riesgo de incendio.

### Cálculo del calibre del cable para cargadores ultra rápidos

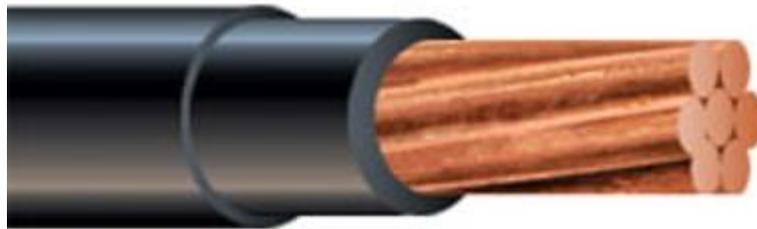
Se realiza el mismo procedimiento para el cálculo del calibre del cable en el caso de utilizar un cargador ultra rápido, empleando los mismos transformadores principales para cada uno de los casos (a y b) se procede a variar el cargador del vehículo eléctrico, con lo cual, en el caso de alimentación de 22 kV, y 13.2 kV se procede a escoger el cargador del estándar ChaDeMo de marca ABB B.V. con un número de modelo Terra 94J versión 1.2 y 90 kW de potencia de salida. Realizando los cálculos se tiene que el cable que se debería utilizar debe soportar como mínimo:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{90000 \text{ W}}{500 \text{ V}} = 180 \text{ A} \quad (13)$$

Con lo cual se procede a revisar la Figura 14, y se procede a escoger el cable 4/0 AWG THW.

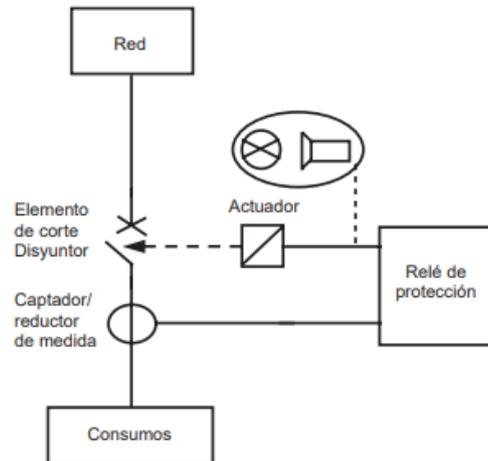
#### Figura 16.

*Cable 4/0AWG THW*



*Fuente: Información obtenida de (Conducol, 2022)*

Una vez obtenidos los calibres mínimos de los cables a utilizar, se procede a realizar la evaluación del sistema para poder calcular las protecciones del sistema de la electrolinera. Para ello se observa la Figura 17 donde se esquematiza las protecciones para la conexión que se utilizara en la electrolinera.

**Figura 17.***Sistema de Protección de Transformadores*

Fuente: Información obtenida de (Schneider Electric España, 2003)

Como se puede ver en la Figura 17, es necesario el uso de fusibles y disyuntores, así también se observa que en ese sistema de protección se emplea un relé de protección, el cual prescindirá en nuestro diseño ya que no se corre el riesgo de regreso de corriente, se procede a ejecutar el cálculo de los fusibles.

$$I_p(a) = \frac{P}{V \times \sqrt{3}} = \frac{300000 \text{ VA}}{22000 \text{ V} \times \sqrt{3}} = 7.87 \text{ A} \quad (14)$$

$$I_p(b) = \frac{P}{V \times \sqrt{3}} = \frac{300000 \text{ VA}}{13200 \text{ V} \times \sqrt{3}} = 13.12 \text{ A} \quad (15)$$

Por criterio de diseño determina que los fusibles a emplear en la línea principal (para protección del transformador principal) se sobredimensionan por seguridad, en un 10% la corriente que estos deban soportar, obtenidos teniendo así:

$$I_p(a)f = I_{p1} \times 1.1 = 8.66 \text{ A} \approx 9 \text{ A} \quad (16)$$

$$I_p(b)f = I_{p2} \times 1.1 = 14.43 \text{ A} \approx 15 \text{ A} \quad (17)$$

Así también se realiza el análisis para los fusibles de protección de cada uno de los cargadores

$$Is(a) = \frac{P}{V \times \sqrt{3}} = \frac{330000 \text{ VA}}{400 \text{ V} \times \sqrt{3}} = 47.63 \text{ A} \quad (18)$$

$$Is(b) = \frac{P}{V \times \sqrt{3}} = \frac{9000 \text{ VA}}{400 \text{ V} \times \sqrt{3}} = 129.9 \text{ A} \quad (19)$$

También se realizó el cálculo para los fusibles de protección para el transformador principal, se procede a elevar un 10% a las corrientes que deberán soportar los fusibles de protección de los cargadores de los vehículos, de esta forma se tiene así:

$$Is(a)f = Is1 \times 1.1 = 52.39 \text{ A} \approx 55 \text{ A} \quad (20)$$

$$Is(b)f = Is2 \times 1.1 = 142.89 \text{ A} \approx 150 \text{ A} \quad (21)$$

Adicionalmente a los fusibles, como protección de los cargadores de los vehículos se procede a colocar disyuntores, los cuales deberán cortar el paso de corriente en caso de exceder la corriente de corte determinada con las ecuaciones anteriormente descritas con  $Is(a)f$  y  $Is(b)f$ . Obteniendo que el poder de cierre es aproximadamente:

$$P_{cierreIs(a)} = 55 \text{ A} \quad (22)$$

$$P_{cierreIs(b)} = 150 \text{ A} \quad (23)$$

De esta forma se selecciona los disyuntores para este trabajo, tomando a los fabricantes EATON con su modelo P3-63/E/N, véase la figura 18.

### Figura 18.

*Disyuntor de protección*



Fuente: Información obtenida de (Grupo IMEX, 2020)

## Cálculo de Pérdidas

Por último, se procede a realizar el cálculo de pérdidas en la electrolinera, para lo cual se utiliza la Figura 19, donde se detalla calibre del conductor, resistencia a corriente alterna y reactancia inductiva, datos con los que se procede a determinar las pérdidas por resistencia y reactancia.

**Figura 19.**

*Resistencia y Reactancia para Cables de cobre de Baja Tensión*

Resistencia eléctrica c.a. y reactancia inductiva para Cables de Cobre, instalación trifásica para 600V a 60Hz y 75°C. Tres conductores sencillos en tubo conduit					
Calibre AWG / kcmil	Resistencia a corriente alterna R (ohm/km)			Reactancia Inductiva X <sub>L</sub> (ohm/km)	
	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de Acero	Conduit de PVC o Aluminio	Conduit de Acero
14	10.17	10.17	10.17	0.190	0.240
12	6.56	6.56	6.56	0.177	0.223
10	3.94	3.94	3.94	0.164	0.207
8	2.56	2.56	2.56	0.171	0.213
6	1.61	1.61	1.61	0.167	0.210
4	1.02	1.02	1.02	0.157	0.197
2	0.623	0.656	0.656	0.148	0.187
1/0	0.394	0.427	0.394	0.144	0.180
2/0	0.328	0.328	0.328	0.141	0.177
3/0	0.253	0.269	0.259	0.138	0.171
4/0	0.203	0.219	0.207	0.135	0.167
250	0.171	0.187	0.177	0.135	0.171
350	0.125	0.141	0.128	0.131	0.164
500	0.089	0.105	0.095	0.128	0.157

*Fuente: Información obtenida de (Sector Electricidad, 2018)*

Tomando en cuenta que las pérdidas están dadas por la longitud del cable, se procede a realizar el cálculo con el cargador que se encuentra más alejado del transformador, teniendo que  $l = 0.2 \text{ km}$  esto tomándose del plano de la implantación de la electrolinera (véase figuras 20 y 21 del Diagrama de implantación de la electrolinera: Plano integral en Anexos), las pérdidas para un cargador de carga ultrarrápida, serán:

$$p = 3 \times i^2 \times R \times l \times Fp = 3 \times 47.63^2 \times 1.02 \times 0.2 \times Fp \quad (24)$$

$$q = 3 \times i^2 \times X \times l \times Fp = 3 \times 47.63^2 \times 0.157 \times 0.2 \times Fp \quad (25)$$

A continuación, se procede a calcular el Factor de potencia.

$$Fp = 0.7 \times Fc^2 + 0.3 \times Fc \quad (26)$$

El factor de corrección se lo calcula de la siguiente manera:

$$Fc = \frac{\text{Potencia promedio}}{\text{Potencia máxima}} = \frac{47.63 \times 500}{33000} = 0.7217 \quad (27)$$

Con esto se obtiene el factor de potencia.

$$Fp = 0.7 \times Fc^2 + 0.3 \times Fc = 0.7 \times 0.7217^2 + 0.3 \times 0.7217 = 0.581 \quad (28)$$

Con todo esto se procede a obtener el porcentaje de pérdida en la línea para un cargador ultrarrápido.

$$\%p = \frac{\sqrt{3} \times i \times R \times l \times Fp \times 100}{VL \times Fp \times NCF} = \frac{\sqrt{3} \times 47.63 \times 1.02 \times 0.2 \times 0.58 \times 100}{\left(\frac{400}{3}\right) \times 0.58 \times 7} = 0.389 \quad (29)$$

De igual forma se realiza el procedimiento para la estación de carga rápida, obteniendo que las pérdidas por resistencia y reactancia son:

$$p = 3 \times i^2 \times R \times l \times Fp = 3 \times 129.9^2 \times 1.02 \times 0.2 \times Fp \quad (30)$$

$$q = 3 \times i^2 \times X \times l \times Fp = 3 \times 129.9^2 \times 0.157 \times 0.2 \times Fp \quad (31)$$

Se calcula el factor de corrección y el Factor de potencia.

$$Fp = 0.7 \times Fc^2 + 0.3 \times Fc \quad (32)$$

$$Fc = \frac{\text{Potencia promedio}}{\text{Potencia máxima}} = \frac{129.9 \times 500}{9000} = 0.7217 \quad (33)$$

Por tanto, el Factor de potencia

$$Fp = 0.7 \times Fc^2 + 0.3 \times Fc = 0.7 \times 0.7217^2 + 0.3 \times 0.7217 = 0.581 \quad (34)$$

Entonces el porcentaje de pérdida en la línea para un cargador rápido será:

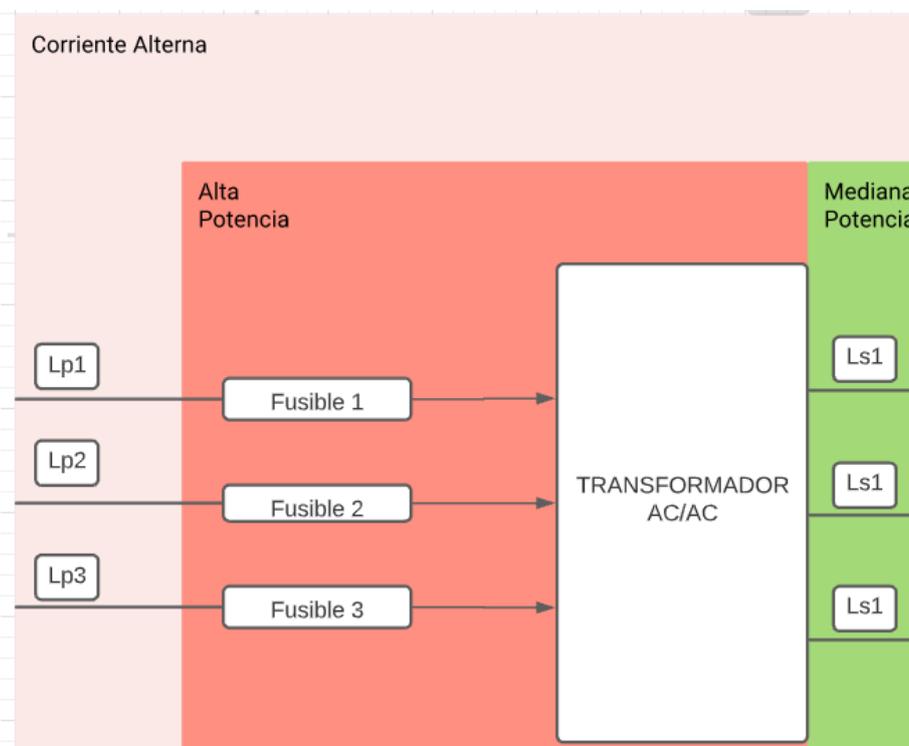
$$\%p = \frac{\sqrt{3} \times i \times R \times l \times Fp \times 100}{VL \times Fp \times NCF} = \frac{\sqrt{3} \times 129.9 \times 1.02 \times 0.2 \times 0.58 \times 100}{\left(\frac{400}{3}\right) \times 0.58 \times 19} = 0.389 \quad (35)$$

Como se puede observar las pérdidas en las líneas de transmisión, tomando en cuenta el estudio con cargadores rápidos y ultrarrápidos, se tiene que la pérdida porcentual será del 0.4% en el peor de los casos, ya que el cálculo se lo realizó siempre con el cargador que se encuentra más alejado del transformador principal que alimenta toda la electrolinera.

### Esquemas de la electrolinera prototipo

**Figura 20.**

*Primera parte del Diagrama del diseño eléctrico de la electrolinera*



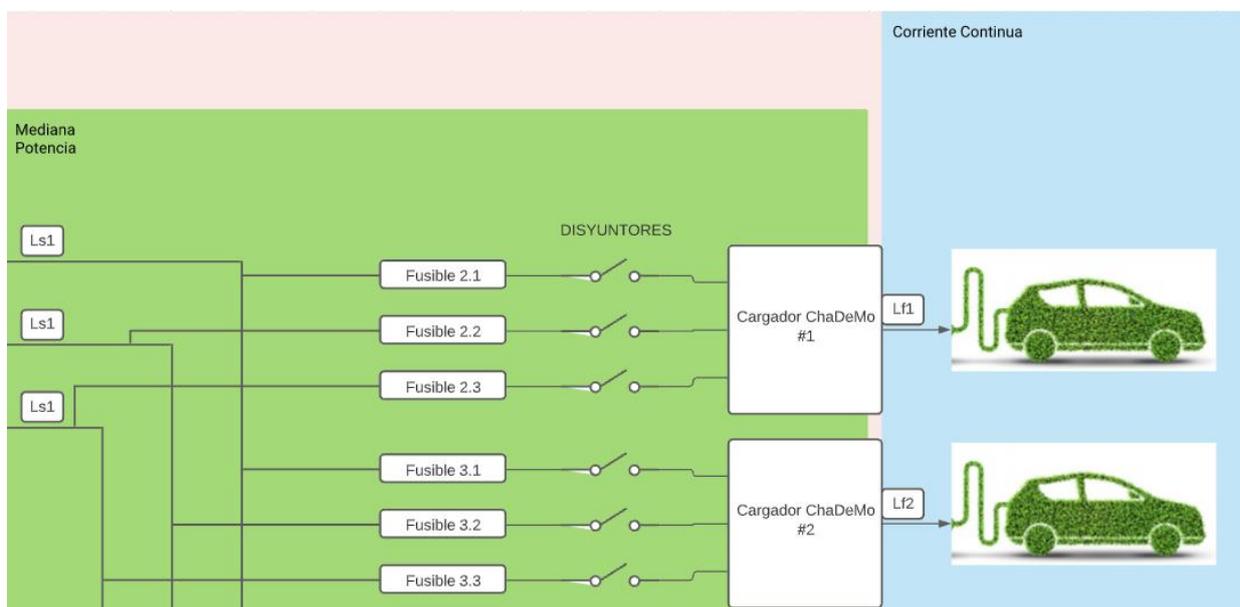
*Fuente: Autor*

*Nota: Primera parte del diagrama eléctrico, donde se puede observar los fusibles de protección para el transformador principal de la electrolinera (Zona de Alta potencia y manejo de corriente Alterna), elaborado por Autor. Diagrama completo adjunto en anexos*

Los voltajes manejados en las líneas de alimentación Lp1, Lp2 y Lp3; serán las que proveen energía por parte de la Empresa Eléctrica Quito EEQ; como se menciona en los cálculos estas líneas podrían encontrarse con 13.2 kV o 22 kV. Mientras que las líneas secundarias que alimentan los cargadores de los vehículos eléctricos Ls1, Ls2 y Ls3 se encontrarán con 400 V.

### Figura 21.

*Segunda parte del Diagrama del diseño eléctrico de la electrolinera*

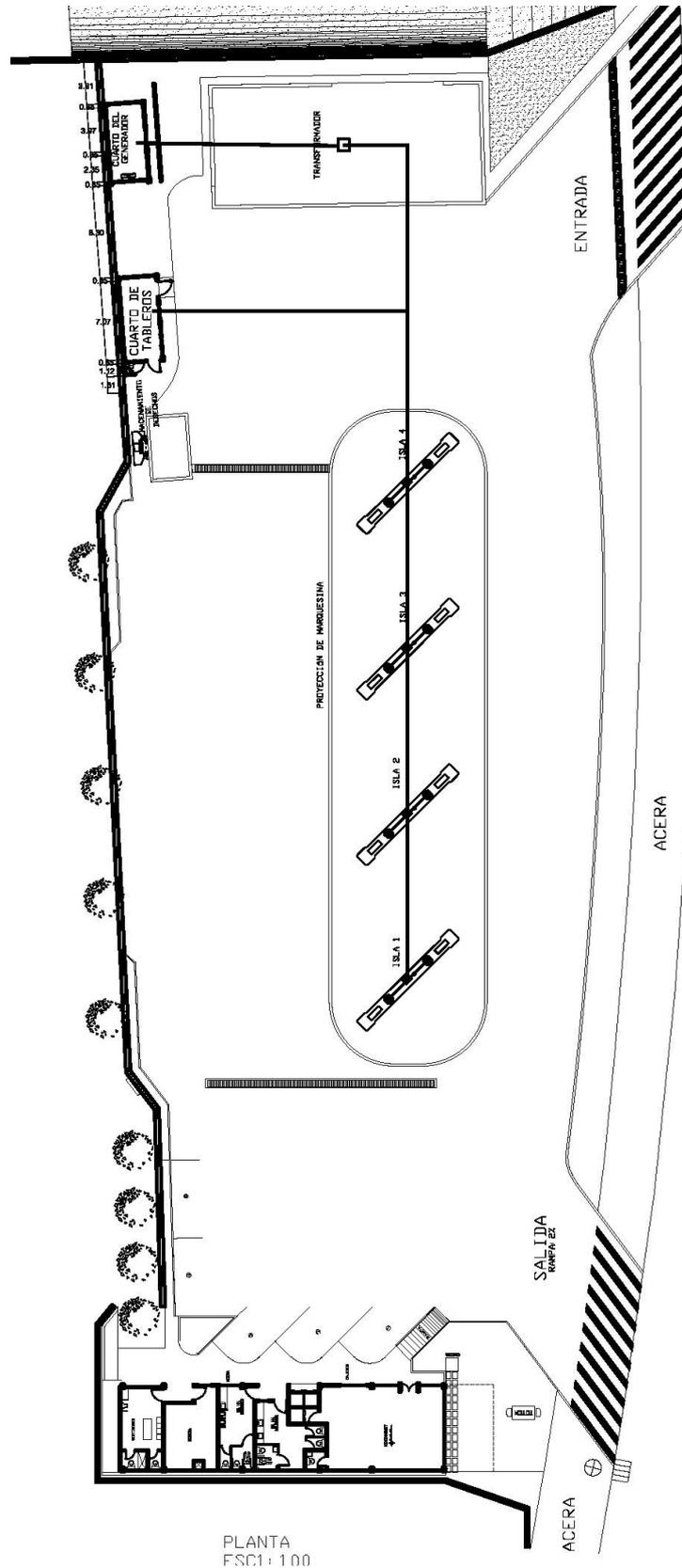


*Fuente: Autor*

*Nota: Segunda parte del diagrama eléctrico de la electrolinera, donde se puede observar los fusibles, disyuntores y cargadores de los vehículos eléctricos (Zona de media potencia y manejo de corriente Alterna y Continua) elaborado por Autor. Diagrama completo adjunto en Anexos.*

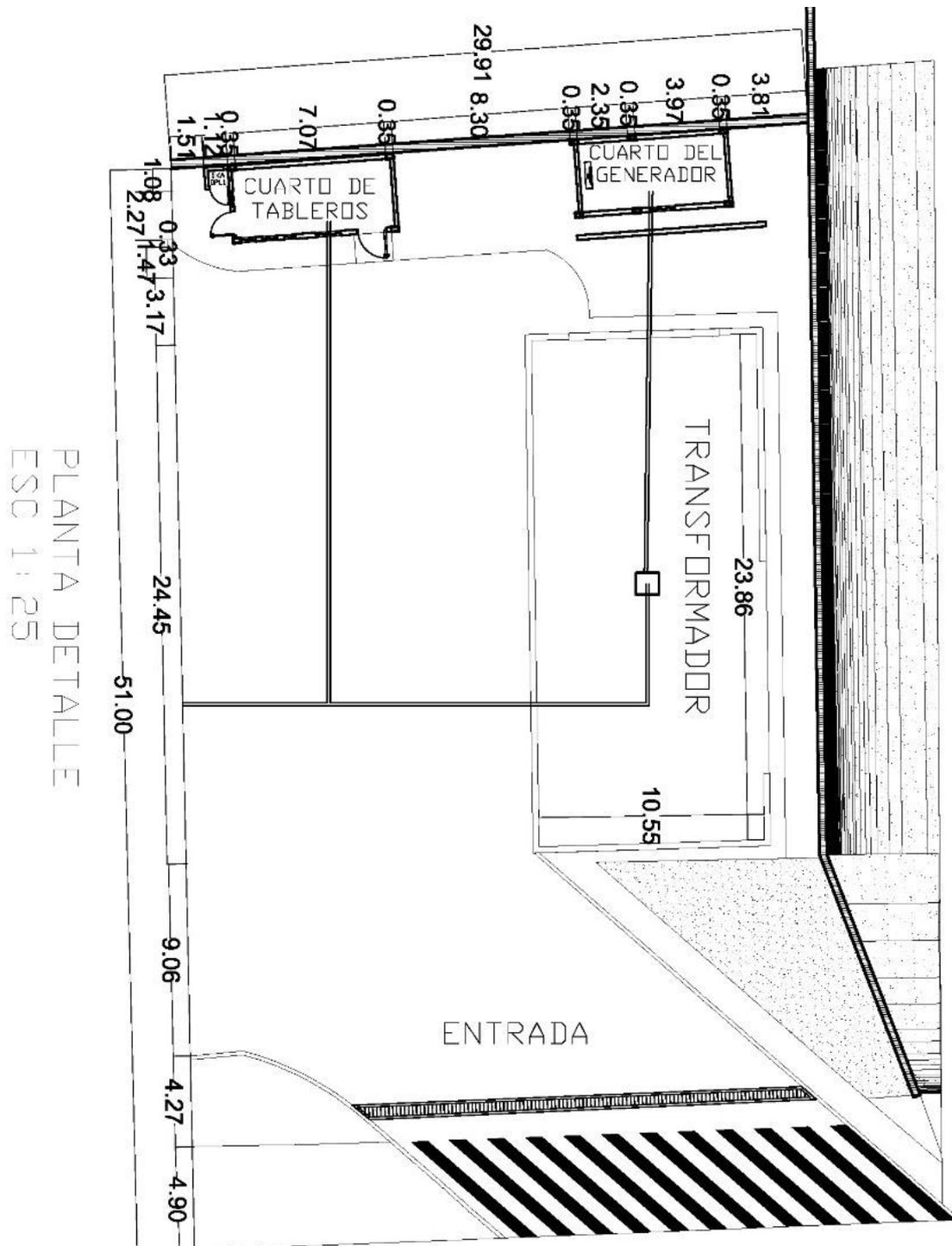
Por otro lado, en la Figura 21 se distingue que las líneas Ls1, Ls2 y Ls3; es la fuente de alimentación de los cargadores, con esto presente, se observa que los conectores al vehículo son terminales denominados Lf1, Lf2, Lf3, etc.; estas líneas son las que se encuentran con 500 V de corriente continua para poder proporcionar carga ultra rápida.

A continuación, se tiene el layout de la implantación de la electrolinera, en donde a posteriori se detalla con las figuras 22 y 23 los principales detalles de la misma.



**Figura 22.**

*Primera parte del plano de la implantación de la electrolinera*

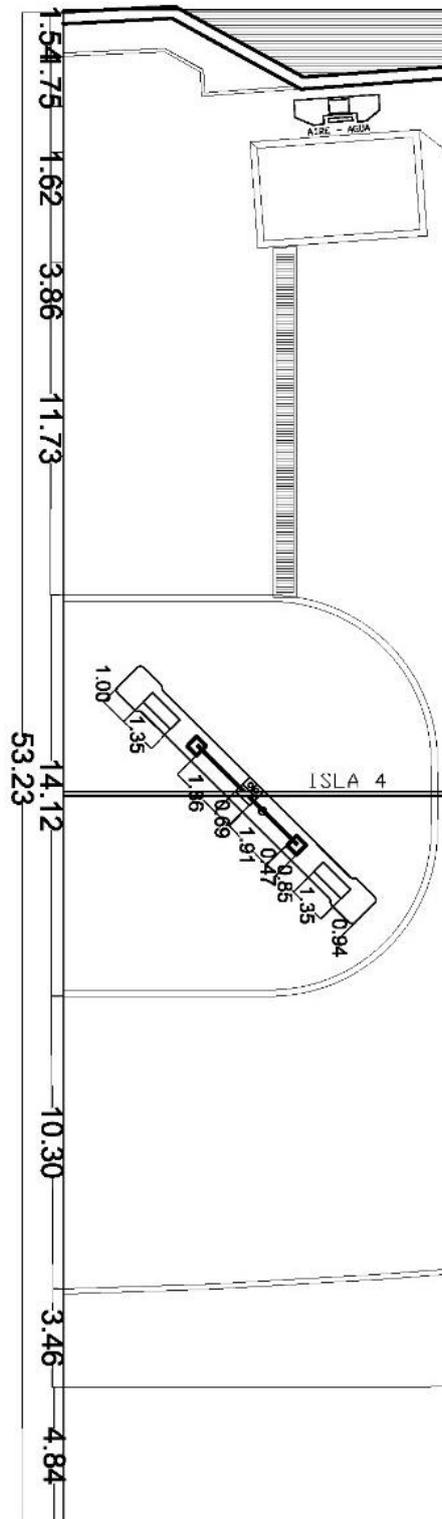


*Fuente: Autor*

*Nota: Planos elaborados de electrolinera por Autor, el plano completo se lo puede encontrar en Anexos*

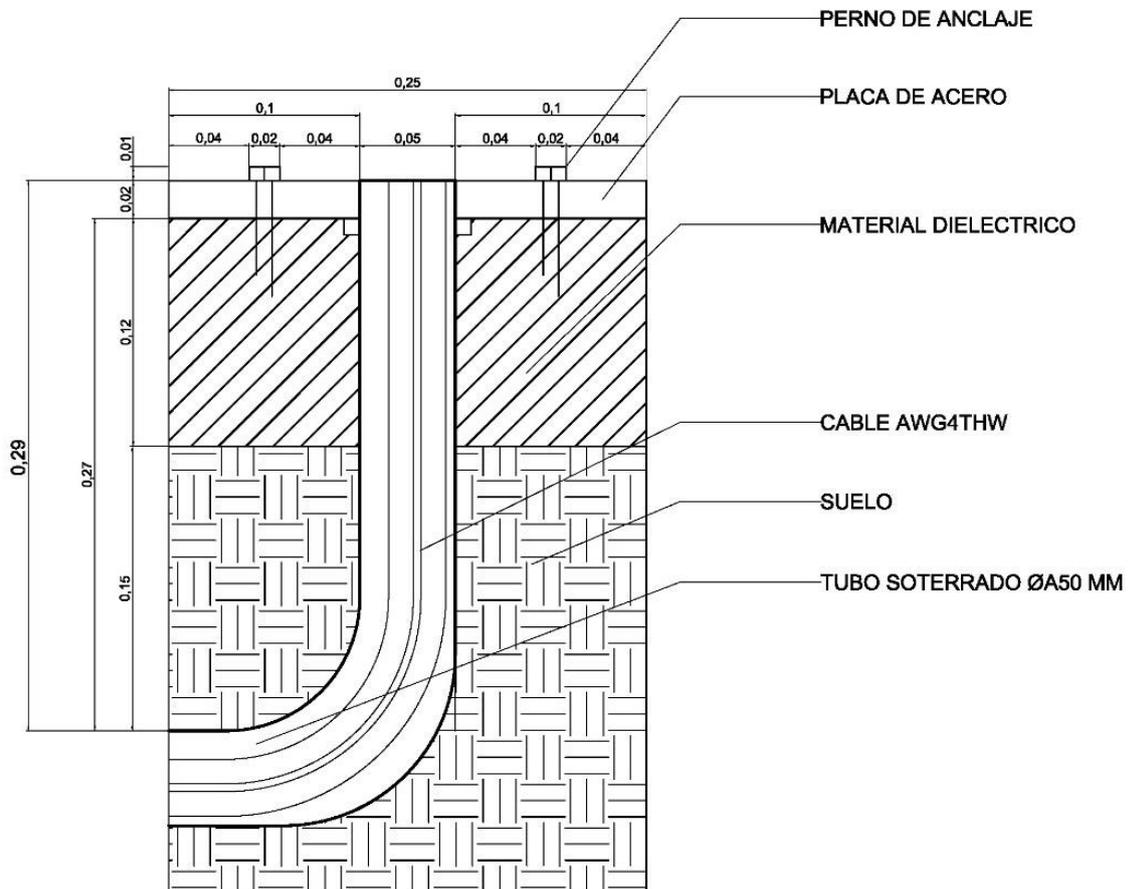
**Figura 23.**

*Segunda parte de la implantación de la electrolinera*



*Fuente: Autor*

*Nota: Planos elaborados de electrolinera por Autor, el plano completo se lo puede encontrar en Anexos*

**Figura 24.***Detalle de la conexión con el cargador**Fuente: Autor**Nota: Planos elaborados de electrolinera por Autor, el plano completo se lo puede encontrar en Anexos*

Para la instalación de la electrolinera se requiere el soterramiento de los cables que alimentan cada una de las bahías, para lo cual se emplea un tubo compuesto (véase figura 25) para poder distribuir la energía en toda la infraestructura. Adicionalmente por criterio de diseño el tubo compuesto se lo soterra a una distancia de 0.15 metros desde el nivel del suelo tal como se puede apreciar en la figura 24.

Esta distancia respeta las especificaciones técnicas de ingeniería civil NEC (Norma Ecuatoriana de Construcción), donde menciona que la distancia a la que se debe encontrar un tubo soterrado es de por lo menos 3 diámetros de la tubería, garantizando y asegurando que no exista deformación, fisura o ruptura en la tubería, cuando el suelo se vea sometido a presiones medias.

**Figura 25.**

*Tubo compuesto para alojar los cables*



*Fuente: Información obtenida de (FARADAYOS Tecnología Electrica, n.d.)*

Tal como se puede observar en la figura 24, los cables que transferirán la energía a lo largo de la electrolinera utilizarán el mismo tubo, esto en búsqueda de abaratar costos y para temas de mantenimiento cada cable será etiquetado.

Así mismo, para determinar que diámetro de tubo compuesto se empleó las herramientas del software AutoCAD del grupo de aplicaciones de AutoDesk. En donde se obtuvo que:

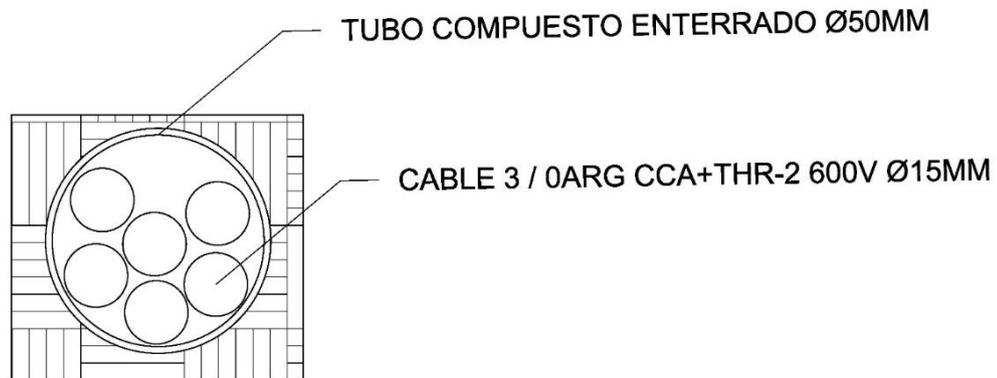
$$A_{\text{tubo compuesto}} = 0.002 \text{ m}^2 \quad (36)$$

$$A_{\text{Cable de alimentacion}} = 0.0002 \text{ m}^2 \quad (37)$$

Tomando en cuenta estos datos se obtiene que el tubo será ocupado un 65% aproximadamente, lo que ayuda a tener holgura con los cables dentro del tubo compuesto que permitirá trabajar para realizar las derivaciones necesarias para todas las conexiones. Así como también permite la circulación de aire para poder disipar de cierta forma el calor generado por la transferencia de ese nivel de voltajes.

**Figura 26.**

*Detalle del cable soterrado*



*Fuente: Autor*

*Nota: Planos elaborados de electrolinera por Autor, el plano completo se lo puede encontrar en Anexos*

Con toda esta información se recomienda como posible localización de la electrolinera, que se la implemente en la extensión de la Avenida Simón Bolívar conocida como E35, en la zona de Santo Domingo de Carretas en la parte Nororiental del DMQ. Se acota esta ubicación por su concurrencia vial, así como también su importancia al formar parte de las arterias viales del país.

## Discusión de Resultados

Según el estudio realizado por Álvarez, Saavedra y Sánchez, donde se indica que para el año 2025 (3200 VE requieren 133 puntos de recarga) indica que en Colombia se requerirá 1 punto de recarga por cada 24 vehículos eléctricos (Álvarez et al., 2018), este dato es muy cercano al determinado por el presente estudio 22.8 autos eléctricos por cada punto de carga (3653 VE requieren 20 electrolineras de 8 puntos cada una).

Por otro lado, en el análisis de los estándares técnicos para los conectores de carga de los VE, tenemos la cita de Criado (2018) en su artículo “La guerra de la recarga rápida, ¿Qué formatos permanecerán?”, donde hace referencia al estudio realizado por el Observatorio de la Comisión Europea de Energías Alternativas, donde indican que el estándar ChadeMo es el más empleado para la recarga rápida en los países europeos (Criado C. , 2018)

Así también un estudio realizado en la ciudad de Cuenca en el 2018, planteando una configuración de una electrolinera, de menores dimensiones a las evaluadas en el presente estudio determinó que el uso de interruptores magnético térmicos sería la solución para tomar en cuenta las protecciones de todos los sistemas. De la misma forma en el presente estudio se planteó el uso de interruptores magnético térmicos como protección nombrándolos como disyuntores, esto afirma que las medidas de seguridad adoptadas por diseño en el presente trabajo han sido las adecuadas para cumplir los requerimientos legales y de seguridad en este tipo de instalaciones eléctricas a nivel nacional. (Barros Guiracochoa, 2018)

## Conclusiones y Recomendaciones

### Conclusiones

- Se ha logrado determinar una aproximación a la necesidad de electrolineras para los años 2025 y 2032, determinando que el mínimo de electrolineras que deben estar en funcionamiento en el Distrito Metropolitano de Quito el año 2025 es de 10 instalaciones, operando 15 horas diarias (05H00 a 20H00), con una tasa de utilización del 30% del tiempo y con 8 electro cargadores operativos.
- Al manejar energía eléctrica se tiene de forma permanente presente el riesgo de arco eléctrico y posibles contactos con las fases positivas que podría llegar a genera una descarga al cerrar el circuito si toma contacto con tierra, y también el riesgo de incendio eléctrico, para esto se ha definido:
  - Cables de calibres con un sobredimensionamiento del 10%, con lo cual se evita calentamiento de cables y garantiza aislamientos que evitan la generación de arco eléctrico, por tanto, se controla el riesgo de arco eléctrico e incendio.
  - Se aconseja el uso de fusibles que soporten el amperaje que se plantea controlar en las líneas de transmisión, generando una suspensión del flujo de la energía en caso de sobrealimentarse de corriente cualquier línea.
- Se define el diagrama de bloque eléctrico e implantación de la electrolinera prototipo para identificar las características generales de los circuitos y así poder realizar los cálculos del calibre de los conductores, porcentajes de pérdidas y la distribución de las diferentes facilidades, llegando a determinar que la electrolinera tipo debe ser instalada en un área de 6760 metros cuadrados.
- Se ha revisado la normativa técnica y se ha determinado que la electrolinera prototipo deberá utilizar los siguientes equipos y materiales en sus instalaciones (Tabla 12):

**Tabla 12.***Tabla de equipos y materiales*

<b>Tipo de alimentación</b>	<b>Forma de carga/Tiempo</b>	<b>Transformador trifásico</b>	<b>Calibre del cable antes del Transformador</b>	<b>Calibre del cable después del Transformador</b>	<b>Corriente máxima para los fusibles de protección</b>	<b>Cargador Para Utilizar</b>
<b>22 kV</b>	Rápida / 3 a 4 horas	Alimentación 22kV, potencia 300 KVA	4AWG THW	4/0 AWG THW.	50 A	Marca TAKAOKA TOKO CO LTD, con un número de modelo HFR1-33B, versión 0.9.1. Con un poder de salida de 30 kW y una salida de voltaje de 500V.
	Ultrarrápida / 15 a 30 minutos		4AWG THW	4/0 AWG THW.	50 A	Marca ABB B.V. con un número de modelo Terra 94J versión 1.2 y 90 kW
<b>13,2 kV</b>	Rápida / 3 a 4 horas	Alimentación 13,2 kV, potencia 300 KVA	4AWG THW	4/0 AWG THW.	150 A	Marca TAKAOKA TOKO CO LTD, con un número de modelo HFR1-33B, versión 0.9.1. Con un poder de salida de 30 kW y una salida de voltaje de 500V.
	Ultrarrápida / 15 a 30 minutos		4AWG THW	4/0 AWG THW.	150 A	Marca ABB B.V. con un número de modelo Terra 94J versión 1.2 y 90 kW

Fuente: Autor

- Se logra determinar las características de las instalaciones eléctricas, así como también, la implantación de una electrolinera prototipo donde se puedan cargar en forma rápida y ultrarrápida un grupo de 8 vehículos eléctricos a la vez, garantizando la seguridad durante todo el proceso.
- El presente estudio, pone en claro la necesidad de contar con electrolineras si la sociedad ecuatoriana plantea el cambio hacia la electro movilidad, y estas electrolineras deberán estar implantadas formando corredores que faciliten la recarga de las baterías en los diferentes ejes viales, y no solo en la ciudad de Quito.

### **Recomendaciones**

- Es necesario realizar estudios que determinen la demanda futura del servicio de recarga de vehículos eléctricos, estos estudios deberán determinar la tasa de ocupación media y pico, así como también las facilidades mínimas con las que debe contar una electrolinera, ya que con esto se podría afinar las estimaciones de demanda que aquí se ha realizado.
- Para complementar el presente trabajo, se recomienda realizar un análisis geográfico que determine las ubicaciones óptimas de las electrolineras, según la realidad de la ciudad de Quito, para lo cual se deberá tomar en cuenta las proyecciones del crecimiento de la ciudad.
- Se recomienda el desarrollo de adaptadores o convertidores de los diferentes tipos de conectores para que se puedan diversificar el uso de los cargadores de autos eléctricos con un mismo cargador, es decir que con un simple adaptador se pueda utilizar cualquier tipo de cargador existente el mercado sin importar cuál sea su marca o modelo, ya que actualmente existen múltiples conectores.

- Sería muy útil el desarrollo de un trabajo similar con un enfoque a nivel nacional, ya que esto ayudaría a dimensionar el cambio socioeconómico que supone el mudar hacia una movilidad netamente eléctrica.
- A la par de la implementación de la electro movilidad, se recomienda implementar la gestión de las baterías de los vehículos eléctricos que son dadas de baja, así como también analizar la viabilidad de construir bancos de baterías para electrolinerías que sean abastecidas por energías alternativas (solar, eólica, geotérmica, etc.), y de esta forma aportar hacia la economía circular de una movilidad por energía eléctrica.

### Bibliografía

- AEADE. (2019). Anuario 2019. AEADE: [https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2020/07/AEADE-ANUARIO-2019-OK\\_1.pdf](https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2020/07/AEADE-ANUARIO-2019-OK_1.pdf)
- AEADE. (2021). Anuario 2020. chrome-extension://oemmndcbldboiebfnladdacbfmadadm/<https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2021/06/ANUARIO-2020-AEADE-1.pdf>
- Álvarez, D., Saavedra, M., & Sánchez, E. (2018). *DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE ECO-ELECTROLINERAS*. Bogota. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/5045>
- ARCONEL. (2019). *INFORME DE SUSTENTO PROYECTO DE REGULACIÓN SOBRE CONTRATO DE SUMINISTRO PARA LA COMERCIALIZACIÓN DE ENERGÍA A ESTACIONES DE CARGA DE VEHICULOS ELÉCTRICOS*. Quito. chrome-extension://oemmndcbldboiebfnladdacbfmadadm/[https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/12/19\\_12\\_13\\_Inf-Sust\\_VE-V4-vf-susc.pdf](https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/12/19_12_13_Inf-Sust_VE-V4-vf-susc.pdf)
- Barros Guiracocha, H. P. (2018). *Análisis y diseño de la instalación eléctrica de una electrolinería en la ciudad de Cuenca*. Tesis, Cuenca. Retrieved 2018, from <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16376>
- CHAdemo. (2021). *ChaDeMo-certified charger list*. [https://www.chademo.com/wp2016/wp-content/uploads/pdf/Certified\\_charger.pdf](https://www.chademo.com/wp2016/wp-content/uploads/pdf/Certified_charger.pdf)
- Chuquiguanga W, J. B. (2018). *ANÁLISIS DE VIABILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO QUE PRESTE EL SERVICIO DE TAXI EN LA CIUDAD DE CUENCA*. Politecnica Salesiana, Cuenca. chrome-extension://oemmndcbldboiebfnladdacbfmadadm/<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15033/1/UPS-CT007423.pdf>

- Conducol. (2022). *Distribuciones Electricas J.E.s.a.s.* [https://distrielectricosje.com/wp-content/uploads/2020/08/8\\_cable-4-cca-thw-2.pdf](https://distrielectricosje.com/wp-content/uploads/2020/08/8_cable-4-cca-thw-2.pdf)
- Conducol. (2022). *Distribuciones Electricas J.E.s.a.s.* [https://distrielectricosje.com/wp-content/uploads/2020/09/12\\_cable-3\\_0-cca-thw-2.pdf](https://distrielectricosje.com/wp-content/uploads/2020/09/12_cable-3_0-cca-thw-2.pdf)
- Construyendo.co. (2021). *Construyendo.co.* <https://construyendo.co/electricidad/cable-electrico.php>
- Criado, C. (5 de febrero de 2018). La Guerra de la recarga rápida, ¿Qué formatos permeneerán y cuales desaparecerán? *movilidad eléctrica.com.* [movilidadelectrica.com/la-guerra-la-recarga-rapida-formatos-permaneceran-cuales-desapareceran/](http://movilidadelectrica.com/la-guerra-la-recarga-rapida-formatos-permaneceran-cuales-desapareceran/)
- Criado, C. S. (2018). *Electrify América presenta su red de estaciones de carga. Movilidad Eléctrica.* <https://movilidadelectrica.com/electrify-america-presenta-red-de-estaciones-de-carga/>
- DMQ. (2019). *Análisis económico sobre incentivos en la propuesta de Ordenanza Metropolitana para la Descarbonización Paulatina del Transporte y Fomento del Transporte con tecnología Limpia en el DMQ.* [http://www7.quito.gob.ec/mdmq\\_ordenanzas/Proyectos%20Ordenanzas/475/IC-O-2019-027.pdf](http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Proyectos%20Ordenanzas/475/IC-O-2019-027.pdf)
- Duque, D. &. (2018). *DETERMINACIÓN DE LA AUTONOMÍA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO MEDIANTE CICLOS CONTROLADOS.* Cuenca. <chrome-extension://oemmndcbldboiebfnladdacbfmadadm/https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15067/1/UPS-CT007435.pdf>
- Ecotecnología del vehículo. (2021). *Híbridos y Eléctricos.* <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/curiosidades/autonomia-media-coches-electricos-aumento-2020-cuanto/20210107104938041378.html>

El Comercio. (27 de Enero de 2016). Kia lanzó a la venta el primer vehículo eléctrico en Ecuador a USD 34 990. de <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/kia-vehiculo-electrico-venta-ecuador.html#:~:text=La%20marca%20coreana%20de%20veh%C3%ADculos,costo%20de%20USD%2034%20990.>

El Comercio. (8 de Noviembre de 2019). La primera electrolinería del Ecuador se inauguró en Guayaquil. Actualidad. <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/primera-electrolinera-ecuador-inauguracion-guayaquil.html>

El Telégrafo. (17 de Julio de 2019). En Ecuador habrá 15.000 vehículos eléctricos en 2025. <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/4/movilidad-electrica-ecuador>

El Telégrafo. (7 de Junio de 2019). La falta de electrolinerías frena el uso de vehículos eléctricos en el Ecuador. <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/4/falta-electrolineras-vehiculos-electricos-ecuador>

Empresa Eléctrica Quito. (2020). *Infraestructura eléctrica de E. E. . Quito*. <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/05/Infraestructura-el%C3%A9ctrica-de-E.E.-Quito-zoom-1.pdf>

EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN / Unidad Centro de Excelencia Técnica Normalización y Laboratorios. (2019). *Guía Metodológica N02: Cálculo de pérdidas de energía*. Medellín. [https://www.essa.com.co/site/Portals/clientes/Norma\\_Tecnica\\_Vigente/Normas\\_Complementarias\\_Dise%C3%B1o/GM-02%20GUIA%20METODOLOGICA%20CALCULO%20DE%20PERDIDAS%20DE%20ENERGIA.pdf](https://www.essa.com.co/site/Portals/clientes/Norma_Tecnica_Vigente/Normas_Complementarias_Dise%C3%B1o/GM-02%20GUIA%20METODOLOGICA%20CALCULO%20DE%20PERDIDAS%20DE%20ENERGIA.pdf)

FARADAYOS Tecnología Electrica. (s.f.). *Faradayos.Info*.

García Torres, E. (2018). *ÓPTIMA ASIGNACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS PARA RESPUESTA DE LA DEMANDA POR VEHÍCULOS ELÉCTRICOS USANDO ALGORITMO HÚNGARO*. Tesis, Universidad Politécnica Salesiana, Quito. chrome-extension://oemmndcbldboiebfnladdacbfmadadm/https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15073/4/UPS-KT01470.pdf

Gobierno del Ecuador. (2015). *LEY ORGÁNICA DE RÉGIMEN TRIBUTARIO INTERNO - LORTI*. Quito, Pichincha, Ecuador. <https://www.google.com/search?q=28+dic.+2015+%E2%80%94+Departamento+de+Normativa+Jur%C3%ADdica.+LEY+ORGANICA+DE+REGIMEN+TRIBUTARIO+INTERNO+-+LORTI.+Registro+Oficial+Suplemento+463+de+17+...&aq=28+dic.+2015+%E2%80%94+Departamento+de+Normativa+Jur%C3%ADdica>

Gobierno del Ecuador. (2019). *Ley de Eficiencia Energetica. Registro Oficial*. Quito, Ecuador. <https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/Ley-Eficiencia-Energe%CC%81tica.pdf>

Gómez, J. M. (2016). *BID*. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/La-incorporaci%C3%B3n-de-los-veh%C3%ADculos-el%C3%A9ctricos-en-Am%C3%A9rica-Latina.pdf>

Grupo IMEX. (2020). *Tienda en Linea, Automatizacion y Control Electrico Industrial*. [https://www.grupoimex.com.mx/wp-content/uploads/2019/05/Eaton-207348-P3-63-I4-SVB-HI11-en\\_GB.pdf](https://www.grupoimex.com.mx/wp-content/uploads/2019/05/Eaton-207348-P3-63-I4-SVB-HI11-en_GB.pdf)

Guglielmetti, F. (2021). *Tras nueva reglamentación Ecuador podría cumplir meta de movilidad eléctrica para 2025*. Informe de difusión social, Quito. Retrieved 10 de

Octubre de 2021, from <https://portalmovilidad.com/tras-nueva-reglamentacion-ecuador-podria-cumplir-meta-de-movilidad-electrica-para-2025/>

Hernández, J. M. (2015). *las infraestructuras de recarga y el despegue del vehículo eléctrico*.

Observatorio Medioambiental. Retrieved 24 de Junio de 2021, from <https://pdfs.semanticscholar.org/ee9b/ec8c4ff5aa191a4888be3ba4a0628797e0ca.pdf>

Husain, C. H. (13 de Septiembre de 2017). Diálogo a fondo - FMI. <https://blog-dialogoafondo.imf.org/?p=8291>

INELDEC. (2021). *Transformador Trifásico de Pedestal Pad Mounted 300 KVA Rymel Magnetron*. <https://ineldec.com/producto/transformador-trifasico-pedestal-pad-mounted-300-kva-rymel-magnetron/>

Isla, L. S. (2019). *Análisis de Tecnología, INDUSTRIA y MERCADO PARA Vehículos Eléctricos EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. BID*. [https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/An%C3%A1lisis\\_de\\_tecnolog%C3%ADa\\_industria\\_y\\_mercado\\_para\\_veh%C3%ADculos\\_el%C3%A9ctricos\\_en\\_Am%C3%A9rica\\_Latina\\_y\\_el\\_Caribe\\_es\\_es.pdf](https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/An%C3%A1lisis_de_tecnolog%C3%ADa_industria_y_mercado_para_veh%C3%ADculos_el%C3%A9ctricos_en_Am%C3%A9rica_Latina_y_el_Caribe_es_es.pdf)

L., V. (2011). *Los vehiculos eléctricos*. Tesis, Universidad Antonio de Nebrija, Nebrija. [chrome-extension://oemmndcbldboiebfnladdacbfmadadm/https://www.nebrija.com/la\\_universidad/facultades/facultad-artes-letras/actividades/AulaPluriligue/articulos/LoretoRoas-coches-electricos.pdf](chrome-extension://oemmndcbldboiebfnladdacbfmadadm/https://www.nebrija.com/la_universidad/facultades/facultad-artes-letras/actividades/AulaPluriligue/articulos/LoretoRoas-coches-electricos.pdf)

Made in China. (2021). *Made in China*. [https://es.made-in-china.com/co\\_cnfary/product\\_22kv-300kVA-Three-Phase-Transformer\\_eheosyyug.html](https://es.made-in-china.com/co_cnfary/product_22kv-300kVA-Three-Phase-Transformer_eheosyyug.html)

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA. (2017). *ITC - BT - 23 Instalaciones Interiores o Receptoras Protección contra Sobretensiones*. Madrid. <chrome->

extension://oemmnrcbldboiebfnladdacbfmadadm/http://www.uco.es/electrotecnia-etsiam/reglamentos/REBT/ITC\_BT\_23.pdf

Ministerio de Economía, Industria y Competitividad. (2017). *Guía Técnica de Aplicación de la ITCB - BT 52 2017 INSTALACIONES CON FINES ESPECIALES INFRAESTRUCTURA PAR ALA RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS*. Madrid.

chrome-extension://oemmnrcbldboiebfnladdacbfmadadm/http://www.f2i2.net/documentos/lsiF2I2/rbt/guias/guia\_bt\_52\_nov17R1.pdf

Ministerio de Energías y Recursos Naturales no Renovables. (2020). *Ministerio de Energías y Recursos Naturales no Renovables*. Noticias.

<https://www.recursoyenergia.gob.ec/eeq-pone-en-marcha-su-red-de-electrolineras/>

ONU. (2015). *Agenda 2030*. Informativo. Retrieved 17 de Mayo de 2021, from [https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2018/08/sabes-cuales-son-los-17-objetivos-de-desarrollo-](https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2018/08/sabes-cuales-son-los-17-objetivos-de-desarrollo-sostenible/#:~:text=Los%20objetivos%20de%20desarrollo%20sostenible,la%20paz%20y%20la%20prosperidad.)

[sostenible/#:~:text=Los%20objetivos%20de%20desarrollo%20sostenible,la%20paz%20y%20la%20prosperidad.](https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2018/08/sabes-cuales-son-los-17-objetivos-de-desarrollo-sostenible/#:~:text=Los%20objetivos%20de%20desarrollo%20sostenible,la%20paz%20y%20la%20prosperidad.)

ONU. (2018). *Los vehiculos eléctricos, vitales para combatir el cambio climatico - COP*. Noticia. Retrieved 20 de Mayo de 2021, from Noticias ONU: <https://news.un.org/es/story/2018/12/1447291>

ONU. (2018). *Movilidad Eléctrica: Avances*. chrome-extension://oemmnrcbldboiebfnladdacbfmadadm/[https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/movilidad\\_electrica\\_en\\_latam\\_-\\_esteban\\_bermudez.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/movilidad_electrica_en_latam_-_esteban_bermudez.pdf)

Paz, D. &. (2015). *ESTIMACIÓN DE DISTANCIA PROMEDIO RECORRIDA CON Y SIN PASAJEROS EN LOS TAXIS CONVENCIONALES DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO*. Quito.

<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11883/ESTIMACION%20DE%20DISTANCIA%20PROMEDIO%20RECORRIDA%20CON%20Y%20SIN%20PASAJEROS%20EN%20LOS%20TAXIS%20CONVENCIONALES%20DEL%20DISTRITO%20METROPOLITANO%20DE%20~1.pdf?sequence=4>

PNUMA. (2019). *MOVILIDAD ELÉCTRICA: AVANCES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE Y OPORTUNIDADES PARA LA COLABORACIÓN REGIONAL 2019*

PNUMA. <https://parlatino.org/wp-content/uploads/2017/09/movilidad-electrica-16-7-20.pdf>

Redondo, N. L. (10 de Noviembre de 2020). *Los países Europeos con más y menos puntos de recarga. Movilidad Eléctrica*. Retrieved 2020, from <https://movilidadelectrica.com/paises-con-mas-menos-puntos-carga-europa/>

Ronanki, D. K. (2019). *Tecnología de carga extremadamente rápida: perspectivas para mejorar el transporte eléctrico sostenible*. MDPI. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/es12193721>

Rovira Roverer, E. (2020). *Diseño de una caja de baterías para un coche eléctrico*. Tesis, Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona. [chrome-extension://oemmndcblldboiebfnladdacbfmadadm/https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/335818/INFORME\\_RoviraEster.pdf?sequence=4&isAllowed=y](chrome-extension://oemmndcblldboiebfnladdacbfmadadm/https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/335818/INFORME_RoviraEster.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

Schneider Electric España. (Mayo de 2003). *Protecciones eléctricas en MT*. España. [https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/2738/mod\\_resource/content/0/PT071-Protecciones\\_en\\_MT.pdf](https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/2738/mod_resource/content/0/PT071-Protecciones_en_MT.pdf)

Sector Electricidad. (23 de Septiembre de 2018). *Regulación de tensión en instalaciones eléctricas*. <https://www.sectorelectricidad.com/20762/retie-regulacion-de-tension-en-instalaciones-electricas/>

- Sedano, J. P. (2013). *Sistema inteligente de recarga de vehículos eléctricos: diseño y operación*. Oviedo. chrome-extension://oemmnrcbldboiebfnladdacbfmadadm/hhttps://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/21632/SedanoDynapdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sosa, J. S. (2020). Guía para la Estandarización de la Movilidad Eléctrica en Paraguay Para Vehículos Terrestres. BID. : José Sosa Matías Sacco Enrique Buzarquis Daniel Ríos Jazmín Suárez Pérez María del Mar Scavone División de Transporte
- Tongou Electrical. (2019). *¿QUÉ ES EL DISPOSITIVO DE CORRIENTE RESIDUAL (RCD), EL INTERRUPTOR DE FALLA DEL CIRCUITO A TIERRA (ELCB)?* Yueqing . Retrieved 28 de Julio de 2021, from <https://www.elcb.net/es/faqs/just-proudct-selection/>
- VOI. (2021). *Compitiendo con Tesla, GM Construirá 40000 Estaciones de Carga Para Vehículos Eléctricos en los Estados Unidos y Canadá*. Halaman Utama VOI. <https://voi.id/es/teknologi/98183/como-tesla-gm-construira-40000-estaciones-de-carga-para-autos-electricos-en-estados-unidos-y-canada>