



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Análisis energético para un centro de cargas de autobuses eléctricos en el
terminal terrestre norte de la ciudad de Quito**

Amaguaña Cola, Kevin Jonás

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica

Monografía, previo a la obtención del Título de Tecnólogo Superior en: Electromecánica

Ing. Parreño Olmos, José Alfredo

24 de Noviembre del 2022

Latacunga

Reporte de verificación de contenido



Tesis_Amaguaña Kevin.pdf

Scanned on: 17:22 November 23, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	96
Words with Minor Changes	105
Paraphrased Words	200
Omitted Words	0



JOSE ALFREDO
PARRENO OLMO



Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica

Certificación

Certifico que la monografía: “Análisis energético para un centro de cargas de autobuses eléctricos en el terminal terrestre norte de la ciudad de Quito”, fue realizado por el señor estudiante **Amaguaña Cola, Kevin Jonás**, la misma que cumple con los requisitos legales teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se la sustente públicamente.

Latacunga, 24 de noviembre de 2022


Ing. Parreño Olmos, José Alfredo

C.C.: 0502337181



Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Amaguaña Cola, Kevin Jonás**, con cédula de ciudadanía nº 1752933893, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“Análisis energético para un centro de cargas de autobuses eléctricos en el terminal terrestre norte de la ciudad de Quito”**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 24 de noviembre de 2022

A handwritten signature in blue ink, which appears to be 'Kevin Jonás Amaguaña Cola', is written over a circular stamp or seal that is mostly obscured by the ink.

Amaguaña Cola, Kevin Jonás

C.C.: 1752933893



Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica

Autorización de publicación

Yo, **Amaguaña Cola, Kevin Jonás**, con cédula de ciudadanía n° 1752933893, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“Análisis energético para un centro de cargas de autobuses eléctricos en el terminal terrestre norte de la ciudad de Quito”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad

Latacunga, 24 de noviembre de 2022

Amaguaña Cola, Kevin Jonás

C.C.: 1752933893

Dedicatoria

Esto va dedicado primeramente a mis padres Zoila Cola y Rudecindo Amaguaña que siempre me apoyaron y se merecen esto y mucho más de mi parte, les debo la vida.

Dedico también a todos mis amigos de la Universidad que me han apoyado mucho.

AMAGUAÑA COLA, KEVIN JONÁS

Agradecimiento

Agradezco a Dios por la Salud y las fuerzas que me ha sustentado para salir con vida durante todo este ciclo académico.

Agradezco infinitamente a mis padres que siempre me apoyaron, aconsejaron y antepusieron sus necesidades muchas veces ante las mías a pesar de las adversidades, en realidad aprecio su apoyo y confianza que depositaron en mí.

A mi familia que siempre creyó en mí y me brindó su apoyo incondicional ante cualquier circunstancia, fueron un pilar muy importante para mí durante todo este tiempo.

A todos mis amigos que estuvieron conmigo desde el primer día apoyándome, animándome y dándome consejos. Nunca me dejaron solo siempre fueron leales y me ayudaron en todo.

A las nuevas personas que fui conociendo y que hasta ahora siguen a mi lado en la cúspide de este ciclo muy intenso y turbulento de mi vida.

AMAGUAÑA COLA, KEVIN JONÁS

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento.....	7
Tabla de contenidos	8
Índice de tablas	15
Índice de figuras	17
Resumen.....	20
Abstract	21
Capítulo I: Problema de investigación.....	22
Tema de investigación.....	22
Introducción	22
Antecedentes	22
Planteamiento del problema	23
Justificación.....	24
Objetivos	25
<i>Objetivo general</i>	25

Objetivos específicos	25
Alcance	25
Capítulo II: Fundamentación teórica	27
Autobuses con energía renovables	27
Autobuses eléctricos	27
Fabricantes de buses eléctricos	28
<i>Grupo mavesa (skywell)</i>	28
<i>BYD (K9G)</i>	29
<i>Golden Dragon XML6125CLE</i>	31
Prueba de buses eléctricos	32
<i>Llegada de Buses a Guayaquil</i>	32
<i>Pruebas de Buses Eléctricos en Quito</i>	33
Centro de carga eléctrica	34
Características de la infraestructura de carga	35
Partes del Centro de carga	35
Electro Terminales	36
Cargadores	37
<i>Pie de poste</i>	38
<i>Pantógrafo</i>	39
<i>De inducción</i>	39
Conectores	40

<i>Conector (CHAdeMO)</i>	41
<i>Conector CCS (Combo)</i>	42
Tipos de estándares de conectores eléctricos	42
Baterías	43
Funcionamiento	43
Tipos de baterías secundarias	44
<i>Batería de Níquel-hidruros metálicos</i>	44
<i>Batería de Ion-Litio</i>	45
<i>Baterías Li-Po</i>	46
<i>Batería de Litio-Ferrofosfato</i>	47
<i>Batería Pb-acido</i>	48
<i>Baterías Ni-Cd</i>	49
<i>Baterías ZEBRA</i>	49
<i>Baterías Aluminio-Aire</i>	50
Características de las baterías	51
Capacidad de carga de las baterías	52
Comportamiento de las Baterías en el Bus Eléctrico	53
Potencia demandada para las electrolinerías	53
Tipo de carga requerida	54
<i>Modo de Carga</i>	55
<i>Variaciones del modo de conexión del bus eléctrico</i>	57

Cobertura eléctrica	57
Centros de Transformación	58
Capítulo III: Desarrollo del tema.....	60
Condiciones actuales del terminal Carcelén	60
Ubicación.....	60
Disponibilidad de espacio	62
Rutas existentes en el Terminal Carcelén.....	63
Recorrido de cada ruta.....	64
Proyección del consumo energético (kWh/día) para las rutas	66
Resultados del consumo de cada ruta.....	68
Consideraciones para la eficiencia del bus	69
Infraestructura eléctrica del terminal	69
Potencia disponible del lugar seleccionado	70
Alimentación en Media Tensión del lugar	70
Elección del cargador.....	71
Características técnicas del cargador	72
Potencia nominal del cargador	72
Diseño eléctrico de la electrolinera	73
Propuesta de diseño.....	73
<i>Diseño de la electrolinera</i>	<i>73</i>
Reglamentos	74

Área del Lugar.....	75
<i>Clasificación del uso del suelo.....</i>	<i>75</i>
<i>Estrato de Consumo</i>	<i>75</i>
Previsión de la demanda de la electrolinera	75
Dimensionamiento del Transformador eléctrico	75
Previsión de cargas para el centro de carga	76
<i>Demanda máxima diversificada (DMD).....</i>	<i>76</i>
<i>Demanda de Diseño (DD).....</i>	<i>76</i>
<i>Demanda máxima Unitaria (DMU)</i>	<i>77</i>
Instalación en media tensión	78
Selección del Transformador.....	78
Cálculos del Transformador.....	80
<i>Corriente del transformador</i>	<i>80</i>
<i>Relación de Transformación</i>	<i>81</i>
<i>Corriente de corto circuito.....</i>	<i>81</i>
Protecciones del Transformador	82
Celdas de Seccionamiento y medición	84
<i>Celda de medida de corriente y tensión</i>	<i>84</i>
<i>Celda de protección con interruptor y seccionador de aislamiento.....</i>	<i>85</i>
Conductores en MT	85
<i>Acometida.....</i>	<i>86</i>

Características del conductor	86
<i>Caída de Voltaje en MT</i>	<i>88</i>
Instalación en baja tensión	89
Conductores de baja tensión	89
<i>Caída de Voltaje en BT.....</i>	<i>91</i>
Cuadros de Distribución	92
<i>Cuadro general de baja tensión</i>	<i>92</i>
<i>Cuadros secundarios.....</i>	<i>92</i>
Protecciones de Baja Tensión	93
<i>Cuadro general de Distribución</i>	<i>93</i>
<i>Estaciones de carga.....</i>	<i>94</i>
Puesta a tierra	95
Contador principal	96
Poste de Hormigón	96
Infraestructura Metálica.....	97
<i>Cubierta para techo.....</i>	<i>97</i>
Análisis de factibilidad	97
<i>Presupuesto para la implementación</i>	<i>97</i>
<i>Costo de los cargadores del centro de carga</i>	<i>99</i>
<i>Comparativa técnica de buses eléctricos y a diésel.....</i>	<i>99</i>
<i>Proyección de ganancias a largo tiempo</i>	<i>100</i>

<i>Recuperación de la inversión</i>	103
<i>Compra de Bus a diésel</i>	103
<i>Compra de Bus eléctrico</i>	104
<i>Inversión en el centro de carga</i>	105
Capitulo IV: Conclusiones y Recomendaciones	107
Conclusiones	107
Recomendaciones	109
Bibliografía	110
Anexos	120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Características Bus Eléctrico BYD</i>	30
Tabla 2 <i>Comparativa Autobuses Eléctricos</i>	32
Tabla 3 <i>Tipos de conectores para VE según la norma IEC 62196-2</i>	41
Tabla 4 <i>Ventajas y desventajas de la batería de Níquel</i>	44
Tabla 5 <i>Ventajas y desventajas de la batería de Ion Litio</i>	45
Tabla 6 <i>Características técnicas de las baterías</i>	51
Tabla 7 <i>Comparativa de la regulación de corriente según el tipo de recarga</i>	53
Tabla 8 <i>Características de los tipos de carga</i>	55
Tabla 9 <i>Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión (RLAT)</i>	58
Tabla 10 <i>Rutas alimentadoras del Terminal Carcelén</i>	66
Tabla 11 <i>Consumo energético neto de los buses eléctricos</i>	67
Tabla 12 <i>Características Técnicas Manual BYD</i>	72
Tabla 13 <i>Potencia nominal del centro de carga</i>	76
Tabla 14 <i>Características y dimensiones del transformador</i>	80
Tabla 15 <i>Especificaciones técnicas de los conductores de media tensión</i>	87
Tabla 16 <i>Características líneas de media tensión</i>	88
Tabla 17 <i>Características de los cables TTU tensión 2kV para BT</i>	90
Tabla 18 <i>Características líneas de baja tensión</i>	91
Tabla 19 <i>Costo de las celdas de seccionamiento</i>	98
Tabla 20 <i>Infraestructura en MT y BT</i>	98
Tabla 21 <i>Instalación del centro de carga</i>	99
Tabla 22 <i>Costo total de la electrolinera</i>	99
Tabla 23 <i>Comparación bus eléctrico y a diésel</i>	100
Tabla 24 <i>Costo de operación y mantenimiento</i>	101

Tabla 25 *Comparación de ingresos y gastos para operar un bus eléctrico*102

Tabla 26 *Ganancia mensual y diaria*.....103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Autobús eléctrico fabricado en Ecuador</i>	28
Figura 2 <i>Bus eléctrico de la marca china Skywell</i>	29
Figura 3 <i>Bus Eléctrico BYD K9G</i>	30
Figura 4 <i>Bus BYD de piso bajo</i>	31
Figura 5 <i>Autobús eléctrico Golden Dragon XML6125CLE</i>	31
Figura 6 <i>Los 20 buses eléctricos de la cooperativa Sausinc</i>	33
Figura 7 <i>Primera Electrolinera del país</i>	33
Figura 8 <i>Bus articulado eléctrico circulando en Quito</i>	34
Figura 9 <i>Centro de carga para una flota de autobuses eléctricos</i>	36
Figura 10 <i>Electroterminal más grande de la región</i>	37
Figura 11 <i>Cargador portátil para KIA EV6</i>	38
Figura 12 <i>Cargador tipo pie de poste</i>	38
Figura 13 <i>Cargador de autobuses HPC Pantógrafo</i>	39
Figura 14 <i>Cargador de inducción</i>	40
Figura 15 <i>Cargador CHAdeMO</i>	42
Figura 16 <i>Cargador Tipo CCS</i>	42
Figura 17 <i>Power start ion de litio de 12V Batería de arranque</i>	45
Figura 18 <i>Celda y componentes de una batería de Ion-Litio</i>	46
Figura 19 <i>Composición de las baterías LI-PO</i>	47
Figura 20 <i>Batería Litio Ferro Fosfato LIFEP04 12V</i>	48
Figura 21 <i>Baterías de Plomo - Ácido</i>	48
Figura 22 <i>Baterías de Ni-Cd Sunica</i>	49
Figura 23 <i>Baterías Zebra</i>	50
Figura 24 <i>Baterías de aluminio-aire: recargadas con agua salada</i>	50

Figura 25 <i>Características técnicas de las baterías</i>	52
Figura 26 <i>Sistema de conexiones de medidores para una baja demanda de energía</i>	55
Figura 27 <i>Modo de recarga rápido para buses eléctricos</i>	55
Figura 28 <i>Tipos de recarga en Ecuador</i>	56
Figura 29 <i>Tipos de transformadores</i>	59
Figura 30 <i>Terminal de Carcelén de Quito</i>	60
Figura 31 <i>Ubicación del Terminal Carcelén</i>	61
Figura 32 <i>Esquema de distribución de áreas en el Terminal Terrestre de Carcelén</i>	61
Figura 33 <i>Espacio disponible para el centro de carga</i>	62
Figura 34 <i>Vista aérea de la zona</i>	63
Figura 35 <i>Mapa de rutas que operan en la terminal de Carcelén</i>	64
Figura 36 <i>Ruta: Carcelén – Calderón – Cabuyal</i>	64
Figura 37 <i>Ruta: Carcelén – Colinas del Valle</i>	65
Figura 38 <i>Ruta: Carcelén – Alborada – Bellavista</i>	65
Figura 39 <i>Ruta: Carcelén – Calderón – Oyacoto</i>	65
Figura 40 <i>Transformador disponible en la Terminal</i>	70
Figura 41 <i>Cargador para el bus eléctrico BYD</i>	72
Figura 42 <i>Diseño de la electrolinera</i>	74
Figura 43 <i>Parte Frontal de la conexión radial</i>	78
Figura 44 <i>Transformador Trifásico tipo PEDESTAL (300KVA)</i>	79
Figura 45 <i>Fusibles para el transformador tipo pedestal</i>	83
Figura 46 <i>Zona disponible en el Terminal Carcelén</i>	83
Figura 47 <i>Celda SM6-24 GBC-A</i>	84
Figura 48 <i>Celda de interruptor automático SM6 IM</i>	85
Figura 49 <i>Conductor XLPE (X-VOLT RHZ1)</i>	87

Figura 50 <i>Conductor TTU 2000V Cu</i>	90
Figura 51 <i>Sistema de puesta a tierra</i>	95
Figura 52 <i>Esquema del contador principal de los buses eléctricos</i>	96
Figura 53 <i>Poste de Hormigón de sección circular</i>	96
Figura 54 <i>Super Techo Cubierta de Acero 0.30 mm</i>	97
Figura 55 <i>BUS TIPO MIRAL QUANTUM HINO AK</i>	103
Figura 56 <i>Proyección de recuperación de la inversión para un bus a diésel</i>	104
Figura 57 <i>Bus Eléctrico BYD K9G</i>	104
Figura 58 <i>Proyección de recuperación de la inversión para un bus eléctrico</i>	105
Figura 59 <i>Dimensionamiento de una electrolinera</i>	105
Figura 60 <i>Estimación de recuperación de la inversión para la electrolinera</i>	106

Resumen

El presente proyecto se ha realizado una investigación con el fin de conocer los métodos de recarga que tienen los buses eléctricos para poder seleccionar el tipo de carga eléctrica más eficiente y sustentable para poder implementarlo en el centro de carga. Se debe tomar en cuenta el tipo de infraestructura que conlleva la electrolinera y seleccionar los elementos que la conforman, como también el cargador más apto para los buses. Es necesario realizar un estudio del recorrido de la unidad eléctrica al día para comprobar la correcta operatividad de la misma, dependiendo la topografía del camino y demás factores que alteren el desgaste de su batería. El horario adecuado que se considera para el abastecimiento de los buses es el nocturno, en donde el cobro de energía es más barato. Por otra parte, para la selección de los componentes del centro de carga, se lo realiza a partir de la demanda energética que consume flota estipulada y de la disponibilidad de espacio en la zona donde se pretende instalarlo. Después de dimensionar la infraestructura, se debe realizar un balance de costo beneficio para finalmente establecer la rentabilidad de dicho sistema en base a la relación entre los costos de adquisición y operación de buses, y los ingresos que genera un día hábil de operatividad.

Palabras Clave: métodos de recarga, buses eléctricos, infraestructura eléctrica, electrolinera, rentabilidad.

Abstract

In this project, an investigation has been carried out to know the recharging methods that electric buses have to select the most efficient and sustainable type of electric charge to implement it in the charging station. The type of infrastructure that the charging station entails must be taken into account and the elements that make it up must be selected, as well as the most suitable charger for the buses. It is necessary to conduct a daily study of the electric unit's route to verify its correct operation, depending on the road's topography and other factors that alter the wear of its battery. The appropriate schedule considered for the supply of the buses is at night when the energy charge is cheaper. On the other hand, the charging station's components are selected based on the energy demand that the stipulated fleet consumes and the availability of space in the area where it is intended to be installed. After sizing the infrastructure, a cost-benefit balance must be made to finally establish the profitability of said system based on the relationship between the costs of acquiring and operating buses, and the income generated by a business day of operation.

Keywords: recharging methods, electric buses, electrical infrastructure, electric station, cost effectiveness.

Capítulo I:

Problema de investigación

Tema de investigación

Análisis Energético para un Centro de Cargas de Autobuses Eléctricos en el Terminal Terrestre Norte de la Ciudad de Quito.

Introducción

En un futuro cercano se piensa incorporar autobuses eléctricos para la ciudad de Quito, esto es un beneficio para el medio ambiente, ya que permite reducir las emanaciones de CO₂. Las empresas automotrices y carroceras están realizando esfuerzos para mejorar la autonomía de los buses incrementando la capacidad de carga de las baterías, disminuyendo su tiempo de recarga y reduciendo su costo de adquisición, con el objetivo de tener un transporte más rentable y sustentable para el beneficio de los usuarios y los dueños de los buses.

Las estaciones de carga o también llamadas “electrolineras”, que se encargan del suministro de energía eléctrica, requieren abastecer a un número considerable de unidades. Para esto se necesita una mejora en los métodos de recarga para alcanzar una relación adecuada de kW/h en el suministro de energía.

En este sentido, el estudio parte por el interés del investigador por conocer los sistemas eléctricos de una electrolinera en virtud de visibilizar si es factible implementar este centro de carga en la ciudad de Quito para una flota determinada de buses.

Antecedentes

Desde hace tiempo el transporte público de Quito se viene desarrollando con buses suministrados de diésel, los mismos que se abastecen de combustible a través de estaciones de servicio o gasolineras que están distribuidas en distintas zonas de la ciudad.

Este tipo de transporte funciona también gracias a la planificación y realización de planos de ruta que recorren distintas zonas de toda la urbe y brindan al pasajero un método efectivo de traslado a un costo establecido.

De acuerdo a la Ley de Eficiencia Energética que entró en vigencia el 19 de marzo de 2019, los motores de los buses funcionarán con energía eléctrica a partir del 2025 en Ecuador. Esto quiere decir, que desde ese año los vehículos que se incorporen al sistema de transporte público urbano e Inter parroquial deberán ser únicamente eléctricos (El Comercio, 2021).

Frente a este cambio de modalidad de transporte en la ciudad y en todo el país, varias empresas automotrices están evaluando importar vehículos que sean eficientes en consumo eléctrico, capacidad de desplazamiento y comodidad para el usuario.

Es evidente que la electromovilidad en Ecuador se va convirtiendo en una realidad paulatinamente. Sin embargo, aún existe una escasez de infraestructura para el abastecimiento eléctrico de esta energía renovable.

De acuerdo al portal web de ELECTROMAPS, en Quito se hallan un total de 23 estaciones de carga lenta y semirápida que sirve para cargar únicamente autos eléctricos.

Planteamiento del problema

En Latinoamérica el tema de la electromovilidad está en un auge progresivo, aunque no tan intenso como en otras partes del mundo como es Europa o Asia. Aunque existen diversas estrategias para impulsar y promover el uso de vehículos eléctricos aún es poco, principalmente por la gran inversión que se requiere.

El transporte público de Quito, como se mencionó antes, funciona con buses que utilizan combustibles derivados del petróleo, lo que puede ser altamente contaminante.

Este tipo de transporte genera ciertas desventajas como son: la emisión de gases contaminantes, generación alta de ruido, bajo aprovechamiento del combustible, mayor costo

en operatividad y mantenimiento, entre otras. Además de que el uso del combustible subsidiado representa un elevado costo económico para el Estado.

Una de las problemáticas para la incorporación de esta nueva tecnología es la falta de inversión en dicho campo tanto para la compra de autobuses eléctricos, como también para la infraestructura adecuada que esta lleva.

Justificación

Es preciso sustituir los autobuses que tienen un motor a base de diésel para dar paso a otras tecnologías limpias y emplear un ajuste en las tarifas eléctricas para el transporte público.

Para esto, es necesario determinar la demanda energética que consume la electrolinera para poder implementarlo en un área donde el suministro de energía a los autobuses eléctricos sea accesible.

Uno de los beneficios de usar el transporte eléctrico es que no generan contaminación del aire y del ruido, debido a que los buses usan energía renovable para ser impulsadas, sin embargo, requieren una recarga periódica de sus baterías.

Estas unidades eléctricas tienen altos precios de compra; sin embargo, los costos de mantenimiento y operación son bajos, lo que puede reducir en gran medida los costos de servicio para los usuarios.

La implementación de buses eléctricos sirve también para el mejoramiento del servicio de transporte urbano brindando una experiencia más eco amigable al usuario, y para que la ciudad se mantenga a la vanguardia de las nuevas tecnologías que ayudan al mejoramiento de la contaminación ambiental.

En cuanto al dimensionamiento de la infraestructura eléctrica del centro de carga, conviene precisar dos aspectos:

- 1) El sistema de carga

2) La descripción de la instalación eléctrica.

Es importante realizar el estudio de acuerdo a la disponibilidad y las condiciones que se tenga para la implementación de la electrolinera. La memoria descriptiva de la instalación eléctrica dependerá del estudio y el espacio de trabajo disponible en dicha zona.

Objetivos

Objetivo general

Realizar un análisis energético para un centro de cargas de buses eléctricos en el terminal terrestre norte de la ciudad de Quito.

Objetivos específicos

- Determinar la potencia disponible en el terminal terrestre norte de la ciudad de Quito.
- Obtener datos de la demanda máxima de energía que se consume en el lugar seleccionado para el centro de carga.
- Establecer si es necesario la implementación de un centro de transformación
- Realizar el diseño del diagrama unifilar eléctrico de la electrolinera.
- Obtener el costo-beneficio que genera el centro de carga

Alcance

De acuerdo al presente estudio en la ciudad de Quito, se determinará la potencia necesaria para poder implementar un centro de carga de buses eléctricos y establecer si es necesario construir un centro de transformación para abastecer de corriente eléctrica al parque automotor.

La electrolinera se prevé que disponga de todos los componentes necesarios con sus respectivas protecciones, así mismo se gestionará de manera eficiente las condiciones y los límites de carga correctos para una flota estipulada de autobuses eléctricos.

Además, se establecerá si es factible en relación al costo beneficio la implementación de la electrolinera, todo esto en base a los costos de operación y mantenimiento que las unidades llevan en un determinado tiempo.

Capítulo II

Fundamentación teórica

Autobuses con energía renovables

Un autobús eléctrico es un autobús que funciona con electricidad. Pueden almacenar la electricidad a bordo o pueden alimentarse continuamente desde una fuente externa. Los buses que almacenan electricidad son principalmente buses eléctricos de batería, en los que el motor eléctrico obtiene energía de una batería a bordo del bus (Hisour, s. f.).

Autobuses eléctricos

Los autobuses eléctricos pueden almacenar la electricidad a bordo o pueden alimentarse continuamente desde una fuente externa. Los buses que almacenan electricidad son principalmente buses eléctricos de batería, en los que el motor eléctrico obtiene energía de una batería que se encuentra dentro del bus, aunque también existen ejemplos de otros modos de almacenamiento, como el giroscopio que usa almacenamiento de energía en el volante (Hisour, s. f.).

De acuerdo a los requerimientos de adecuación de las baterías “los buses eléctricos se abastecen de la energía eléctrica almacenada en un banco de baterías recargables, alojadas en el piso o techo del vehículo, las cuales deben garantizar un recorrido largo sin necesidad de recargas adicionales” (Zapata, 2021).

En el mercado están disponibles varios modelos de autobuses eléctricos de acuerdo a su capacidad de transporte y a la autonomía de su banco de baterías. Algunas empresas como BYD, Irizar, Yutong y la propia Mercedes Benz se dedican a la fabricación y comercialización de estos vehículos.

Figura 1

Autobús eléctrico fabricado en Ecuador



Nota. En la siguiente se indican un autobús eléctrico fabricado en Ecuador con la ayuda de consorcio de empresas chinas

Fabricantes de buses eléctricos

En nuestro país son algunas las marcas extranjeras que en su compromiso con la ciudad y con el objetivo de mejorar el servicio de transportación urbana presentan propuestas con unidades amigables con el ambiente y funcionales para los usuarios. Se realizaron varias presentaciones de sus productos para la ciudad de Quito, algunos de estos modelos estuvieron a prueba por 2 meses.

Las marcas que presentaron sus mejores ejemplares fueron las siguientes:

Grupo mavesa (skywell)

El modelo exhibido por el Grupo Mavesa en la Feria de Sistemas Inteligentes de Transporte y Electromovilidad (Fesite) 2020, que se desarrolló en el Palacio de Cristal (Itchimbia) fue el bus de la marca china Skywell, con capacidad para 40 pasajeros todos

sentados. Cuenta con un motor eléctrico de 350 kW, 955 Rpm y un torque de 357 kgf.m @ 955 Rpm. Tiene una autonomía de 300 km y el tiempo de duración para la carga de batería en una electrolinera es de 4 horas en promedio, para una recarga del 100%. El bus recorre una velocidad promedio de 80 km/h. (Acelerando Ecuador, 2020).

Figura 2

Bus eléctrico de la marca china Skywell



Nota. Tomado de Acelerando (Ecuador, 2020)

De acuerdo al técnico de soporte del producto, este autobús eléctrico puede garantizar bajos costos de mantenimiento, menos visitas al taller, menor consumo de energía, y hasta un costo del 10% menos que el estándar de la industria.








BYD (K9G)

Este bus, está disponible en dos versiones, S e I, está equipado con un motor de 300 kw o 402 hp, con el que consigue velocidades de 80 km/h; mientras que sus baterías de litio ferro-fosfato con capacidad de 324 kWh, le brindan al conductor una autonomía de 300 km, que podría ampliarse gracias al sistema de regeneración a través del freno y desaceleración (Varus, 2022).

Figura 3*Bus Eléctrico BYD K9G*

Nota. Tomado de (Varus, 2022)

Tabla 1*Características Bus Eléctrico BYD*

Características del Bus Eléctrico BYD	
	Batería de 324 kWh (162kWh x2)
	Potencia del motor de 402 HP (201HP x2)
	Tensión de carga y de frecuencia de 440V-60Hz
	Autonomía de 250+ Km
	Ahorro en carga comparado con uno a diésel del 58%
	Cero emisiones de CO2
	Eficiencia en la operación (0.93 km/kwh)

Nota. En la siguiente tabla se detalla las características técnicas que posee esta unidad de transporte.

Además, tiene algunos beneficios para su autonomía como:

- Regeneración de carga de sus baterías a través del frenado y desaceleración.
- Batería de litio – hierro – fosfato.

- Tiempo de carga de 4 – 5 horas.

Figura 4

Bus BYD de piso bajo



Nota. Tomado de (BYD, 2022)

Golden Dragon XML6125CLE

Esta unidad es más nueva y es producido por Golden Dragon en su reciente modelo XML6125CLE, desarrollado en consorcio con el fabricante de origen holandés EBUSCO.

Para este bus con capacidad de 80 pasajeros, se ha adoptado una carrocería integra de aluminio, bastante más ligera que sus contrapartes normalmente de acero, reduciendo el peso bruto del vehículo en casi un 33%, lo que le permite lograr la mayor eficiencia energética, y consecuentemente menor consumo (Varus, 2022).

Figura 5

Autobús eléctrico Golden Dragon XML6125CLE



Nota. Tomado de (Varus, 2022)

Con 311 kWh de potencia, cuenta con un cargador rápido de 75 kW, que puede funcionar bajo un modo de carga 630 V/120 A, lo que le garantiza un alcance de conducción de hasta 300 km. Asimismo, el buen rendimiento del electrobus XML6125CLE, lo hizo acreedor del Ecology Label en la European Coach & Bus Week del año 2015 (Varus, 2022).

En la *tabla 2* se muestra una comparativa de los buses BYD y Golden Dragon.

Tabla 2

Comparativa Autobuses Eléctricos

Vehículo	BYD K9G	GD XML6125
Autonomía	300 km	300 km
Potencia	300 kW	150 kW
Velocidad máxima	80 km/h	-
Batería	LFP	LFP
Capacidad de la batería	324 kWh	311 kWh
Garantía de la batería	7-10 años	5-7 años
Tiempo de carga	4 a 5 h	4.5 h
Pasajeros Sentados	32	40
Pasajeros de pie	49	-
Conector	TIPO 2 (43 kw en AC)	GB/T (100kw en DC)

Nota. Tomado de Varus, (2022)

Prueba de buses eléctricos

Llegada de Buses a Guayaquil

Guayaquil cuenta actualmente con la mayor flota de buses eléctricos del Ecuador. En total son 20 unidades. Estos buses están en la línea 89 de la ciudad de Guayaquil. Esta ruta incluye el recorrido desde Saucés hasta el centro de la urbe. El fabricante de estos vehículos renovables, es la marca china BYD. La Inversión para adquirir estas unidades fue de 8,4 millones de dólares (Portal Movilidad, 2020).

Figura 6

Los 20 buses eléctricos de la cooperativa Sausinc



Nota. Tomado de (W. Narea, 2019)

Existe una estación de 5.000 m² que está ubicada en el parque Samanes de Guayaquil de 1 MW de potencia aproximadamente, la cual ofrece 20 cargadores rápidos, 18 de 40kW, y 2 de 80kW para que las unidades puedan cargarse por completo en un tiempo estimado de 6 a 7 horas.

Figura 7

Primera Electrolinera del país



Nota. Tomado de (VARUS, 2021)

Pruebas de Buses Eléctricos en Quito

El 19 de julio de 2018 comenzaron las pruebas en Quito con 3 buses eléctricos de la empresa fabricante de origen chino BYD, por un período de dos meses. Las pruebas fueron

realizadas por la empresa de transporte privada UniTransQ. La ruta que cubría una de ellas era desde El Condado hasta el Congreso.

Uno de los vehículos era un articulado con capacidad para 160 pasajeros, mientras los otros 2 buses de 12 metros de largo, contaban con una capacidad de 80 personas (Gonzalo, 2019).

UnitransQ operó dos meses con las operadoras Transplaneta, Tranzeta y Translatinos las rutas del centro y sur de la ciudad que incluye Quito colonial, Universidad Central, El Camal, El Inca, Seminario Mayor, Beaterio, Ferroviaria, Recreo y el barrio de la Argelia; es decir, la diversidad de geografías que Quito posee para probar la potencia del bus eléctrico, además en el Corredor Central Norte, en la ruta Ofelia – Marín, (BYD, 2021).

Figura 8

Bus articulado eléctrico circulando en Quito



Nota. Tomado de (Ultimas Noticias, s. f.)

Centro de carga eléctrica

Un centro de carga es el conjunto de equipos necesarios para conectar un bus eléctrico a una red de suministro eléctrico de baja tensión (BT). Los centros de carga se clasifican en sistemas de potencia: SAVE (Punto de Carga Inteligente conectado directamente al sistema de gestión) o las múltiples configuraciones de los centros de carga con un sistema de control conectado al sistema de gestión (León, J. 2013).

Esta estación de servicio viene alimentada por energía eléctrica que suministra la carga necesaria a un vehículo eléctrico para poder continuar su marcha. Al igual que una gasolinera, se puede encontrar en autopistas u otras zonas con un elevado tránsito de vehículos (LugEnergy, 2022).

Representan una alternativa de solución no solo desde el punto de vista operativo de la movilidad eléctrica, sino que también es una apuesta que contribuye con el aprovechamiento del excedente de electricidad nocturna que no se puede acumular (Ferro, 2019).

Características de la infraestructura de carga

Interoperabilidad: La cantidad de cargadores eléctricos presentes en el sistema debe ser suficiente para abastecer la cantidad de autobuses eléctricos (G. Cueva, 2018).

Escalabilidad: Es la capacidad del sistema de ir aumentando progresivamente la técnica de trabajo y el tamaño de la flota, sin comprometer el funcionamiento y la calidad del sistema (G. Cueva, 2018).

Integración en la infraestructura de la ciudad: La construcción de obras civiles adecuadas para cargar los buses ya sea por las noches en los parqueaderos del sistema o con sistemas de carga continua a lo largo de las rutas de los buses, serán fundamentales para el buen funcionamiento de la red eléctrica.

Compatibilidad a nivel de sistema con la red eléctrica: Se requiere de un estudio completo de ingeniería eléctrica para poder suplir las necesidades del bus eléctrico con el sistema eléctrico de la ciudad donde se implemente este tipo de transporte eco amigable.

Partes del Centro de carga

La infraestructura de carga proporciona acceso a la energía de las estaciones de carga a un costo bajo. Esta infraestructura debe adaptarse a los requerimientos de conductividad, potencia, voltaje, corriente, etc. Dicha construcción debe contener:

- Cargadores

- Conectores
- Elementos de la instalación

Los centros de carga pueden combinarse con otros dispositivos para realizar funciones como: gestión de carga, cobro, software de gestión y servicios web. El centro de carga está formado por

- Una o varias tomas de corriente que suministran energía eléctrica a los autobuses.
- Indicadores luminosos de señalización: punto de carga OK, carga aplazada, etc.
- Botones de inicio y detección de carga inmediatos.
- Regulador electrónico de carga del autobús.

Las electrolineras se encuentran en las paradas de autobús y aparcamientos. La *Figura 9* muestra una imagen del centro de carga de un convoy de autobuses eléctricos en un garaje en Waterloo, Bélgica.

Figura 9

Centro de carga para una flota de autobuses eléctricos



Nota. Tomado de (C. Noya, 2022)

Electro Terminales

Las terminales adecuadas para autobuses eléctricos deben tener un sistema de recarga para que se pueda operar los dispositivos durante la noche en las estaciones principales ubicadas en los extremos de las líneas, después de cada vuelta o viaje. También se pueden

colocar en las estaciones principales y subestaciones ubicadas en los puntos intermedios de las rutas, puntos finales y durante cada giro. Independientemente de las consideraciones de carga para las unidades, el resto de la infraestructura civil será la misma que la de un terminal convencional.

Figura 10

Electroterminal más grande de la región



Nota. Tomado por (Portal Movilidad, 2022)

Los electroterminales deben planificarse para aumentar gradualmente la cantidad de buses que se pueden cargar en el sistema de cada terminal.

Cargadores

Un cargador es un dispositivo conectado a una salida de baja tensión de un centro de carga, que impulsa el bus a través de un cable puente y puede tener una conexión de control de carga. El cargador usualmente se instala al costado de la carretera o en el garaje del bus.

Se clasifican en cargadores a bordo y fuera de bordo, con potencia unidireccional o bidireccional.

Los cargadores unidireccionales solo se pueden usar para cargar la batería, por otra parte, los cargadores bidireccionales consiguen devolver la energía a la red.

Los cargadores a bordo (portátiles) permiten al usuario cargar la batería en cualquier lugar donde se encuentre una toma de corriente adecuada, están limitados en la potencia debido al requisito de bajo peso y espacio, y lo económico que llega a costar (Jones, 2016).

Figura 11*Cargador portátil para KIA EV6*

Nota. Estos cargadores se emplean únicamente para automóviles

Los cargadores unidireccionales utilizados en los centros de carga pueden ser del tipo:

Pie de poste

El cargador pie de poste es un equipo sencillo y tradicional, utilizado en las cargas, con el cual el operario conecta el cargador con una manguera tipo 2 al autobús, de forma similar a una gasolinera. Estos equipos se utilizan en los estacionamientos de las flotas de autobuses (Alvear, 2019).

Figura 12*Cargador tipo pie de poste*

Nota. Este cargador dispone de dos conectores en DC tipo CHAdeMO y CCS de 50kw cada uno, y un conector en AC Type 2 (Mennekes) de 43kW

Pantógrafo

La carga ultrarrápida por pantógrafo se lleva a cabo a partir de dos elementos: el cargador, un pilar de cinco metros de altura aproximadamente, similar a una farola, y que se instala al final de la ruta para aprovechar el tiempo de parada y no interferir en los horarios del recorrido; y, por otro lado, el pantógrafo, una especie de brazo mecánico retráctil ubicado en el techo del autobús, que se despliega y se acopla al cargador para iniciar la carga (Ingeniería en la Red, 2016).

En la *Figura 13* se muestra el sistema de carga mediante pantógrafo.

Figura 13

Cargador de autobuses HPC Pantógrafo



Nota. Tomado de (Made-in-China, 2022)

De inducción

El cargador inductivo se carga de forma inalámbrica a través de un sistema de dos bobinas magnéticas, una ubicada en la parte inferior del autobús y la otra en los rieles.

La inducción magnética funciona de manera simple: cuando dos elementos conductores de electricidad se aproximan, entre ellos surge un campo eléctrico, por el cual las cargas eléctricas se ven sometidas a una fuerza, por la que se genera una corriente eléctrica.

En el momento en el que el autobús se coloca sobre la placa, la base recibe la comunicación, y tras bajar la altura de la suspensión para acercarse a la placa, comienza a recargarse la batería (Alvear, 2019).

En la *Figura 14* se indica como es un cargador de inducción.

Figura 14

Cargador de inducción



Nota. Tomado de (EMT MovEnMadrid, 2021)

Conectores

El objetivo de estos conectores es suministrar energía desde el centro de carga hacia las baterías de los vehículos eléctricos, asimismo estos se encuentran disponibles en varios modelos y varían la corriente de carga dependiendo también su fabricante.

La normativa de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC 62196-1:2011), la encargada de mostrar las formas de recarga para vehículos eléctricos y la norma IEC 62196-2:2011 nos indican los conectores a ser utilizados para los vehículos eléctricos

. En la *Tabla 3* se menciona a los conectores especificando sus características y tipos.

Tabla 3

Tipos de conectores para VE según la norma IEC 62196-2

Modelo de conector	Descripción Técnica	Nivel de carga
SAE J1772 (Type 1)	Usado en Norteamérica y Japón con un voltaje de entrada y salida de +240 VAC, corriente de 32 A y una potencia nominal de 7.3kW	Carga lenta
Tesla	Usado en Norteamérica con un voltaje de 110 -250 volts en CA y 480 volts en DC, corriente de 12 - 80 – 100 A, conexión trifásica	Carga lenta, rápida y semi rápida
CHAdeMO	Usado en Japón con un voltaje de 500 volts, corriente de 200 A	Carga rápida y ultra rápida
Conector único combinado o CCS	Usado en Europa con un voltaje de 200 - 850 volts, corriente de 65 – 200 A	Carga rápida y Semi rápida

Nota. Tomado de H. Barros y L. Ortega, 2018, (p. 20-21)

Con respecto a la carga de los autobuses eléctricos, los conectores que más se usan debido a las altas prestaciones y alta potencia entorno a la capacidad de carga que estos ofrecen son los siguientes:

Conector (CHAdeMO)

Este tipo de conector del tipo 4 o más conocido como CHAdeMO, está diseñado para suministrar cargas rápidas en CC (Corriente Continua), posee diez bornes, toma de tierra y comunicación con la red. CHAdeMO es el acrónimo de “CHArge de MOve”, que se traduce como “carga para moverse” (CHAdeMO Association, 2010).

Este conector está entrando en desuso, fue desarrollado por los fabricantes japoneses: Mitsubishi, Nissan, Toyota, Fuji y Subaru.

Figura 15

Cargador CHAdeMO



Nota. Tomado de (Electromovilidad, 2018)

Conector CCS (Combo)

CCS o Combo es un conector para corriente continua, compuesto por un conector de corriente alterna Tipo 2 y un conector de corriente continua con dos contactos. El conector Combo permite cargar el autobús a través de una sola toma. En Europa fabricantes como Audi, BMW, Daimler, Porsche y Volkswagen están incorporando este tipo de conector (Alvear, 2019).

Figura 16

Cargador Tipo CCS



Nota. Tomado de (Electromovilidad, 2018)

Tipos de estándares de conectores eléctricos

Hoy en día existen muchas empresas a nivel global que se encargan del desarrollo y mejora en los sistemas de carga rápida para vehículos y buses eléctricos. En un inicio los

propios fabricantes de los automotores se dedicaban a realizar la estación de carga específicamente para ese modelo.

Es por eso que los fabricantes de cargadores de carga rápida están tratando de tener la posibilidad de cargar distintos modelos de automotores del mercado con un mismo dispositivo, combinando diferentes tipos de conectores.

Sin embargo, es trascendental que las autoridades escojan o definan un estándar nacional ecuatoriano de cargadores (CHAdeMO, Combo, Supercharger, GB/T), para que de esta manera las empresas encargadas de la instalación de electrolineras tengan un tipo de cargador normalizado en todo el país.

Baterías

En lo que respecta a electromovilidad las baterías forman parte fundamental como uno de los componentes más importantes, no solo para el funcionamiento de vehículos eléctricos, sino también para la conformación de las estaciones de carga, ya que toda infraestructura debe estar acorde a las características de cada una de las baterías que existen en el mercado.

Siendo así las baterías son responsables del almacenamiento y distribución de la energía hacia todos los elementos eléctricos del vehículo, tienen particularidades que las distinguen en los componentes utilizados al momento de fabricarlas, los cuales permiten que tengan mayor capacidad de almacenaje que condiciona, entre otras cosas, “la velocidad máxima del vehículo, la autonomía entre recargas, el tiempo de recarga y el ciclo de vida de la misma” (UNED, 2015).

Funcionamiento

Su funcionamiento se basa en el proceso químico reversible denominado “redox” o reducción-oxidación, en el cual uno de los electrodos pierde electrones o se oxida y el otro gana electrones o se reduce. Los electrodos no se consumen ni se pierden, solo cambian su

estado de oxidación y pueden regresar a su estado inicial en condiciones adecuadas. La recarga y descarga de las baterías se realiza mediante el proceso redox (Lara, 2013).

De acuerdo a su funcionalidad las baterías se clasifican en:

- **Batería primaria:** El proceso de descarga es irreversible, no puede restaurarse por medios eléctricos, debe desecharse.
- **Batería secundaria:** Se puede recargar suministrándole energía eléctrica hasta restablecer su condición química original.

Tipos de baterías secundarias

Según algunos fabricantes “La pila secundaria o el acumulador se utiliza en cualquier equipo o red que por razones técnicas o económicas deba cargarse” COBA, (2020). Esto da a entender que se usa para dispositivos eléctricos como celulares, radios y asimismo para vehículos como los autobuses eléctricos y se clasifican de la siguiente manera.

Batería de Níquel-hidruros metálicos

La batería Níquel-hidruros metálicos (NiMH) es una versión mejorada de la batería Níquel-Cadmio, en la que el material electrodo negativo es una aleación de metales y tierras raras que sustituyen al Cadmio (Rodríguez, & Chacón J. 2015).

Tabla 4

Ventajas y desventajas de la batería de Níquel

Ventajas	Desventajas
Tiene una energía específica de 70-80 Wh/Kg, superando a las de Plomo-Ácido y a sus antecesoras las alcalinas de Níquel-Cadmio.	El precio es alto, puede ser cuatro veces superior a la de Plomo.
Admite recargas rápidas con una duración de 1-3 horas.	Menores prestaciones electroquímicas a corriente elevada.
Menor impacto ambiental al sustituir el cadmio del ánodo por hidruro metálico.	No tiene un funcionamiento adecuado en climas fríos.

Nota. En la siguiente tabla podremos observar las distintas ventajas y desventajas que ofrece este tipo de baterías.

Batería de Ion-Litio

La batería de Ion-Litio es utilizado para distintos usos y aplicaciones y su funcionamiento sigue en proceso de mejoramiento. Actualmente, esta tecnología es la más avanzada, se aplica en: teléfonos móviles, ordenadores portátiles, equipo militar, aeronaves, vehículos espaciales, satélites y vehículos eléctricos o híbridos (Amarilla, J. M. 2011).

Figura 17

Power start ion de litio de 12V Batería de arranque



Nota. Tomado de (Made-in-China.com, 2022)

Tabla 5

Ventajas y desventajas de la batería de Ion Litio

Ventajas	Desventajas
Poseen mayor voltaje nominal, con valores típicos entre 3 y 4 Voltios.	Tienen un alto costo
Presentan mayores valores de energía específica, másica y volumétrica 80-200 Wh/kg, casi el doble de las de NiHM y más de cuatro veces de las Plomo-Ácido.	Disminución de propiedades electroquímicas a temperaturas superiores a 50 °C.
Excelente recargabilidad	Una sobre descarga por debajo de 2 V, produce su rápida degradación.
Bajo impacto ambiental.	Una sobrecarga puede provocar su incendio.

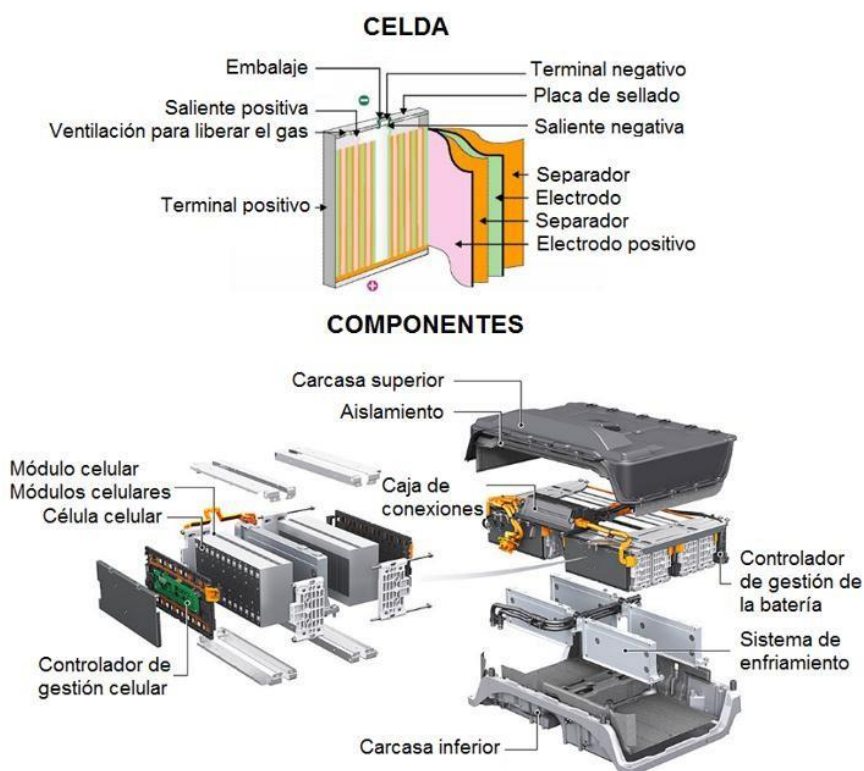
Nota. Tomado de J. M. Amarilla, 2011, (p. 130-138)

La *Figura 18* describe los componentes de una celda y una batería de Ion-Litio.

En esta obra tabla igual podremos observar las distintas ventajas y desventajas que tiene en cambio las baterías Ion-Litio.

Figura 18

Celda y componentes de una batería de Ion-Litio



Nota. Tomado de (W. Alvear, 2019, p. 31)

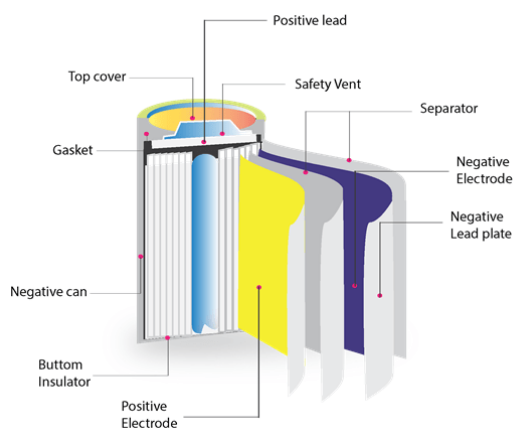
Baterías Li-Po

Las baterías Li-Po funcionan siguiendo el mismo principio que las baterías de iones de litio, el intercambio de electrones entre el material del electrodo negativo y el material del electrodo positivo mediante un medio conductor. Para evitar que los electrodos se toquen directamente, se coloca entre ellos un material con poros microscópicos que permite tan sólo los iones (y no las partículas de los electrodos) migren de un electrodo a otro (330ohms, 2021).

En cuanto a la composición de la batería Li-Po el encajonamiento es más pequeño y como se puede ver, las capas son flexibles y tienen un material seco.

Figura 19

Composición de las baterías LI-PO



Nota. Tomado de (330ohms, 2022)

Batería de Litio-Ferrofosfato

Las baterías de litio ferrofosfato (LFP) ofrecen una menor densidad energética que las baterías formadas por níquel, cobalto y manganeso (NCM), pero tienen una clara ventaja sobre ellas. Las materias primas que las forman son abundantes y están disponibles en varios países del mundo (García, 2022).

Por otra parte, los precios de níquel se están disparando lo que hace más ventajosas las baterías LFP cuya tecnología está evolucionando poco a poco, tal y como muestran las últimas generaciones, se alcanzan densidades superiores a los 200 Wh/kg frente a los 250-270 W/kg del níquel (García, 2022).

Figura 20

Batería Litio Ferrofosfato LIFEP04 12V



Nota. Tomado de (Algathec Outdoor, 2022)

Batería Pb-acido

Constan de dos electrodos, uno positivo y otro negativo. Cuando estos se conectan forman un circuito cerrado por el cual circula la corriente. La diferencia principal en cuanto a composición y materiales, con respecto a las baterías de litio, es que estas utilizan un electrolito compuesto por una disolución de ácido sulfúrico con agua destilada (SolarPlak, 2020).

Figura 21

Baterías de Plomo - Ácido



Nota. Tomado de (Araceli, 2017)

Cada batería de ácido plomo está formada por varios pares de electrodos que se sitúan en compartimentos independientes. Estos reciben el nombre de celdas, los cuales se sumergen en la disolución del electrolito, donde tiene lugar la reacción. El electrodo positivo de las

baterías de plomo ácido se compone de una placa de plomo recubierta por óxido de plomo (II) y PbO₂. El electrodo negativo, por otro lado, se recubre de plomo esponjoso (SolarPlak, 2020).

Baterías Ni-Cd

La tensión media entre bornes del elemento es de 1,2 Voltios y su capacidad se expresa en Amperios-hora (Ah) o miliamperios-hora (mAh) que es el producto de la intensidad de la corriente continua suministrada por la batería por el tiempo que dura la descarga hasta el agotamiento de la misma. (Guasch, 2008).

Figura 22

Baterías de Ni-Cd Sunica



Nota. Tomado de (SABIK MARINE, 2022)

Baterías ZEBRA

Las baterías Zebra son ideales para automóviles, autobuses, camiones e incluso trenes, debido a su posibilidad de operar con voltajes tan altos como 600 voltios (Reve, 2009).

- Tienen una densidad de 120 Wh/kg, bastante alta, igual a la de la mayoría de las baterías existentes.
- Apenas necesitan mantenimiento.
- Se las fabrica a partir de sal común, cerámica y níquel, y tiene cuatro veces más energía que una batería de ácido de plomo del mismo peso.

Figura 23*Baterías Zebra*

Nota. Tomado de (A. Moreno, 2007)

La batería se puede cargar en cualquier enchufe ordinario 110 o 220 V de potencia de salida, y utilizando una carga rápida es posible cargar el 50% de su capacidad en 30 minutos. El proceso regular de carga lleva 6 a 8 horas y la batería Zebra es 100% reciclable.

Baterías Aluminio-Aire

En este tipo de baterías el ánodo es de Aluminio, el cátodo queda sustituido por aire mientras que el electrolito pasa a ser simplemente una solución acuosa.

Figura 24*Baterías de aluminio-aire: recargadas con agua salada*

Nota. Tomado de (D. Navarro, 2015)

Debido a su autonomía son unas de las principales candidatas a incorporarse en coches eléctricos y almacenamiento de energía fotovoltaica en viviendas autosuficientes. Aunque para ello habría que mejorar alguno de sus puntos débiles. No son todo ventajas para esta tecnología emergente (EXTRUAL, 2017).

En la siguiente tabla podemos visualizar una comparativa entre dichas baterías.

Tabla 6

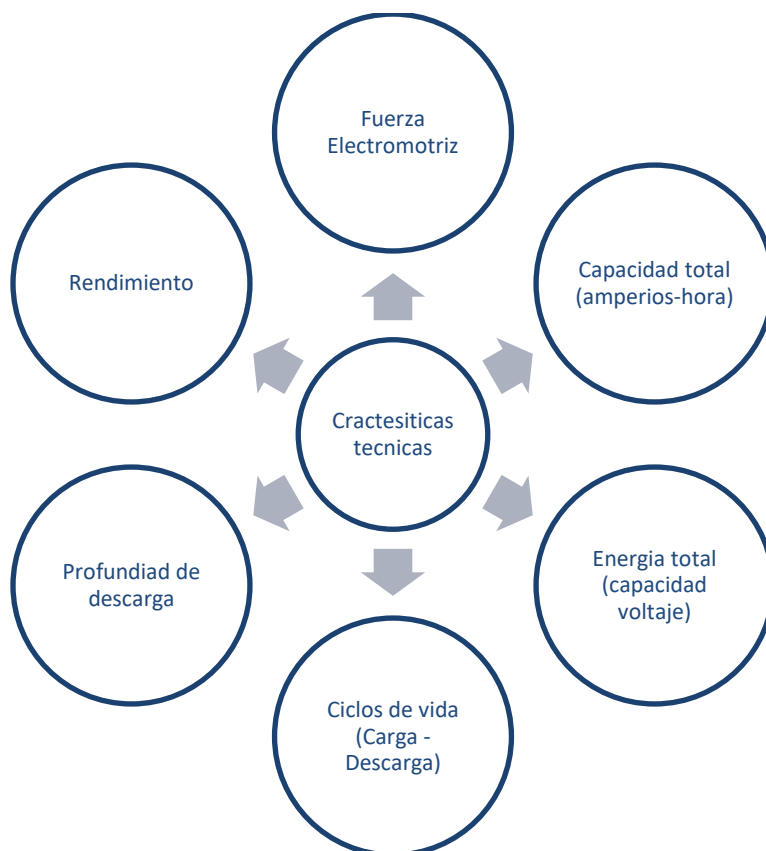
Características técnicas de las baterías

Baterías		Energía [Wh-kg]		Potencia [Wh-kg]		Rendimiento [%]	Ciclo de Vida [H]	
		Min.	Max.	Min.	Max.		Min.	Max.
Plomo ácido	Pb-ácido	35	50	150	400	80	300	500
Níquel Cadmio	Ni-Cd	30	50	100	150	75	1000	2000
Níquel Hidruro metálico	Ni-MH	60	80	200	300	70	1000	2000
Aluminio aire	Al-aire	200	300	100	100	<50	-	-
Níquel cloruro de sodio	ZEBRA	150	240	230		85	1000	
Polímero de litio	Li-Po	150	200	230		-	500	
Ion de litio	Li-Ion	80	130	200	300	>95	1000	
Litio Ferro fosfato	LFP	200		250	270	85	-	

Nota. Aquí se detalla las características de las baterías como energía específica, rendimiento, ciclo de vida y potencia específica.

Características de las baterías

Para el caso de los buses eléctricos, las baterías se centran en el uso del litio en el cátodo y el grafito en el ánodo. En este caso, las baterías representan una de las áreas en las que mayor inversión se realiza en el sector de los vehículos eléctricos porque la mejora de sus características incide significativamente en el rendimiento del vehículo (Macarós, 2015).

Figura 25*Características técnicas de las baterías*

Nota. Tomado de (A. Fredy, 2022)

Capacidad de carga de las baterías

La capacitancia es el producto de la corriente por el tiempo, es decir, el resultado de una corriente máxima de salida positiva para un período de tiempo dado, reconocida como corriente reguladora según la tecnología, construcción y componentes utilizados.

De igual forma, la capacidad de carga se mide según el tipo de batería y sus procesos químicos. Su valor importante es que el rango de voltaje de operación (mínimo y máximo) no es constante, debido a que factores como temperatura, ciclos de carga y descarga se llevan a cabo, la descarga está por debajo de los estándares permisibles y la sobrecarga, entre otros factores, la afecta.

La carga de baterías se puede hacer mediante fuentes de carga en CC, el cual permite circular una corriente eléctrica a través del batería bajo cualquiera de los tiempos de carga rápida y lenta. (Ver tabla 7).

Tabla 7

Comparativa de la regulación de corriente según el tipo de recarga

Características	Carga lenta	Carga rápida
Alimentación monofásica AC	230 [V], 16 [A], 3.7 [kW]	-
Alimentación trifásica AC	400 [V], 16 [A], 11 [kW]	500 [V], 250 [A], 220 [kW]
Alimentación continua DC	-	600 [V], 400 [A], 240 [kW]
Tiempo estimado de recarga completa	5.5 [h] – AC monofásico 2 [h] – AC trifásico	5 – 8 [min]
Localización óptima	Viviendas, estacionamientos, terminales y aeropuertos	Electrolineras

Nota. Tomado de A. Fredy, 2022, (p. 4)

Comportamiento de las Baterías en el Bus Eléctrico

El uso de baterías de Litio en torno a la fabricación de buses se está masificando, debido a las buenas prestaciones que ofrece en cuanto al rendimiento, la garantía anteriormente era de 6-7 años y actualmente se está proyectando para que sea a 15 años.

La regeneración que se produce por el frenado es del 80% de la capacidad de carga originaria, su temperatura media es la de ambiente (25°-27°) y la máxima de 40°, esta tiene un refrigerador que la mantiene en ese estado óptimo.

Según algunos expertos se recomienda cargar el bus a unos 80kw/h y 100kw/h, debido a que la regeneración de las baterías aumenta al usar mucha potencia en su carga aminorando el tiempo de vida útil.

Potencia demandada para las electrolineras

Las electrolineras o denominadas también estaciones de carga, operan a diferentes niveles de potencia según las características del cargador, y generalmente se distinguen tres niveles: menor a 1,92 [kilovatios], mayor a 20 [kilovatios] y un rango intermedio entre los dos

valores de potencia mencionados anteriormente. Además, se utilizan dos tipos de estructura de cargador externo, aislamiento de baja y alta frecuencia.

En este arreglo de ideas, para estaciones de carga rápida, se recomienda correr una potencia alta de 50 a 400 [kW] con un voltaje de 200 a 600 [V].

Los altos niveles de potencia que estas estaciones son capaces de manejar y en consecuencia la cantidad de energía que se concentra en los mismos, aspectos como la eficiencia, densidad de potencia y costos, son los principales factores que impulsan el desarrollo de esta tecnología (A. Pesantes, 2019).

Tipo de carga requerida

Los sistemas de carga para autobuses eléctricos se clasifican generalmente en dos tipos según la capacidad y el tiempo de carga:

- **Carga rápida**

Actualmente, el 100% de los buses eléctricos se recargan por el método de carga rápida, a través de un tomacorriente AC a 440V y 60Hz, con una capacidad de carga de 40kW por cada conector, en un lapso de 4 a 5 horas.

- **Carga ultrarrápida**

El sistema de carga ultrarrápida se consigue mediante un pantógrafo o cargador inductivo. El sistema está diseñado para cargar el 100% de los buses eléctricos con 500 VDC en CC y 400 VAC en AC, en 5 a 10 minutos. Sin embargo, este sistema es inusual porque está en fase de prueba (Palacio, C. y Lébron, S., 2013).

En la *Tabla 8* se resume las especificaciones de los 2 tipos de carga.

Tabla 8

Características de los tipos de carga.

DATO	Carga Rápida	Carga Ultra – Rápida
Potencia	40 - 80kWh	400kW
Carga	4 – 5 horas (100%)	5 – 10 min (80%)

Modo de Carga

En la siguiente imagen se puede apreciar el uso de un medidor independiente para regular la energía consumida del automotor, aislado al sistema eléctrico del establecimiento.

Figura 26

Sistema de conexiones de medidores para una baja demanda de energía

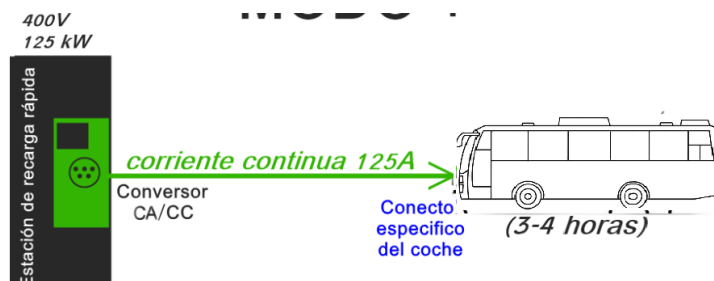


Por otra parte, el modo de carga depende de la conexión entre el autobús eléctrico y la infraestructura de carga. La red de distribución está conectada al transportador eléctrico mediante un cargador externo y un cable de conexión. El cargador externo requiere un enlace de comunicación para informar sobre la carga y el estado de la batería (Electromovilidad, 2018).

Los modos de carga se estructuran por niveles de corriente, potencia y el tipo de carga que es empleada, para el caso del proyecto se debe transformar la corriente a niveles superiores y establecer una red eléctrica que abastezca a la demanda energética de los buses.

Figura 27

Modo de recarga rápido para buses eléctricos

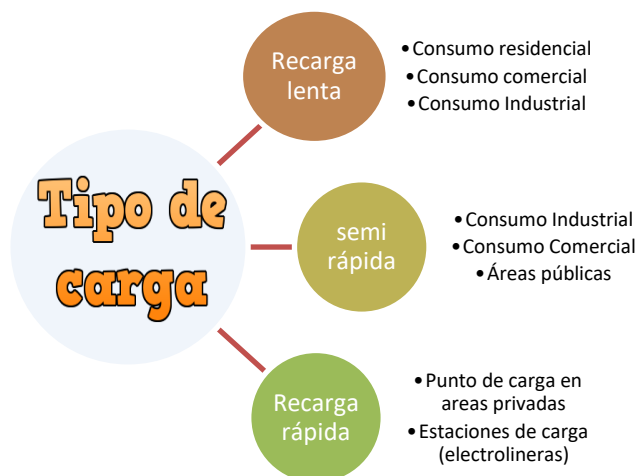


Como se observa en la *figura 27*, la conexión del Bus Eléctrico a la red de CA es indirecta, ya que esta se da mediante un cargador externo o convertidor, donde el conductor piloto de control se extiende al equipo permanentemente conectado a la red de CA.

En la siguiente figura se puede apreciar los principales usos que se dan a los diferentes modos o tipos de carga.

Figura 28

Tipos de recarga en Ecuador



Nota. Tomado de (ARCONEL, 2019)

Variaciones del modo de conexión del bus eléctrico

Por medio de la norma IEC 61851-1:2010, se puede analizar varios tipos de conexión que podría tener un bus eléctrico, como se mencionó anteriormente el único modo de carga que es sustentable para su abastecimiento es el de recarga rápida.

Siendo así, el tipo de conexión a la red de corriente alterna se la hace mediante un cable de alimentación y un conector del automotor permanentemente unidos al equipo de alimentación.

Cobertura eléctrica

En Ecuador, la cobertura eléctrica es la mejor de la región, alcanzando el 97,05% en 2018. Esto ayuda a crear una serie de leyes y políticas públicas para promover y acelerar la transición a la movilidad eléctrica (PNUMA, 2020).

Hoy en día, no hay planes oficiales para la introducción de autobuses eléctricos o suficientes estaciones de carga.

El Ecuador está inmerso en procesos para el cambio de la matriz energética con el reemplazo de los combustibles fósiles por la energía renovable. Asimismo, la importancia de las infraestructuras en las instalaciones eléctricas se entiende como un aspecto clave y diferencial que asegura la eficacia de las estrategias y actuaciones previstas para potenciar la movilidad de la electricidad (Ardanuy, 2019).

Sin embargo, en la actualidad existen problemas que limitan la prevalencia de los centros de carga eléctrica en el país debido a las disposiciones de la ley para favorecer el uso de vehículos eléctricos. Por lo tanto, cada empresa distribuidora debe suministrar electricidad a todas las personas que estén autorizadas para la venta de energía mientras cargan el vehículo eléctrico.

Centros de Transformación

Como se mencionó anteriormente las electrolíneas generan una alta demanda de energía eléctrica, la cual se debe suministrar directamente de las estaciones o subestaciones eléctricas, sin embargo, esta se debe transformar para que llegue al consumidor de una manera rápida y eficiente.

En la *tabla 9* se muestran las diferentes categorías que existen en el Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión (RLAT).

Tabla 9

Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión (RLAT)

Categoría	Tipo de Tensión	Tensión Mínima	Tensión Máxima
Tercera	Media Tensión (MT)	1 kV	30 kV
Segunda	Alta Tensión (AT)	30 kV	66 kV
Primera	Muy Alta Tensión (MAT)	Tensión Nominal Superior o 66KV	

Nota. Tomado de (AREATECNOLOGIA, 2014)

Existen caídas de tensión de 3 kV, 11 kV, 15 kV, 20 kV o 30 kV a 400V entre fases o 230V entre fase y neutro, y la reducción la proporciona un transformador CT. Los transformadores trifásicos son los más utilizados en estos centros de conversión.

Figura 29

Tipos de transformadores



Nota. Los transformadores se pueden clasificar de acuerdo a su potencia y su uso. Tomado de (RESALMEX, 2020)

Capítulo III

Desarrollo del tema

Condiciones actuales del terminal Carcelén

Figura 30

Terminal de Carcelén de Quito



Nota. Entrada y salida de buses del terminal

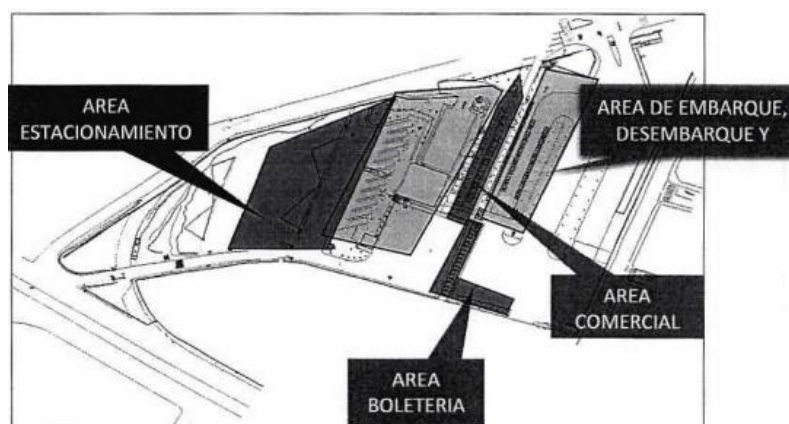
Ubicación

La terminal de transporte municipal de Carcelén, está ubicada al norte de Quito en la av. Eloy Alfaro y calle Capri, (Coordenadas: Lat. -0.099998°, Long. -78.469953°) cerca del barrio del mismo nombre. Además de las rutas alimentadoras, de ésta parten también los buses que tienen por destino las provincias del Carchi, Esmeraldas e Imbabura pertenecientes a la sierra, ubicadas al norte de la provincia de Pichincha.

Figura 31*Ubicación del Terminal Carcelén*

Nota. El área aproximada del dicho lugar es de 20167m². Tomado de Ecuadorbus.com.ec, (s. f.)

Este lugar cuenta con varias áreas o zonas compartidas como son boleterías, encomiendas, embarque, estacionamientos y área comercial. El área comercial se encuentra en un andén o parter central de la terminal en un área aproximada de 1593 m², área que se comparte con bloques de boleterías y baterías sanitarias.

Figura 32*Esquema de distribución de áreas en el Terminal Terrestre de Carcelén*

Nota. Tomado de (Quito.gob.ec, 2019)

Disponibilidad de espacio

Para este proyecto, la flota total de buses a los que se pretende abastecer de energía eléctrica es 12 buses, de acuerdo a la extensión disponible del terreno, tiene una capacidad para estacionar 12 unidades de las diferentes operadoras urbanas que integran el sistema alimentador municipal de este terminal. Estas cooperativas de transportes son “San Juan” y “Calderón”, las mismas comparten 4 rutas que recorren el nororiente de Quito y sus exteriores, a las que se realizará el respectivo análisis para determinar su factibilidad en base al dimensionamiento de carga de las baterías y el consumo en kWh/día.

Figura 33

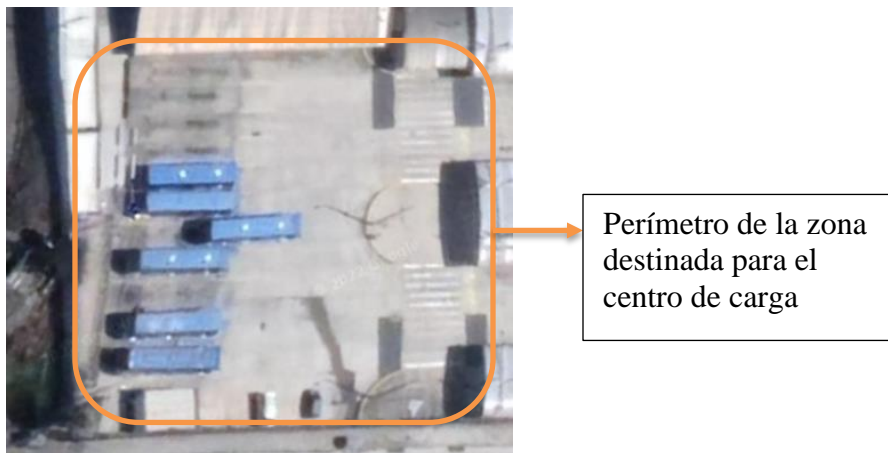
Espacio disponible para el centro de carga



Nota. Esta área tiene una dimensión de 2106 m² (39m x 54m) y se pretende destinar para la adecuación de la infraestructura de carga

Figura 34

Vista aérea de la zona



Nota. Tomado de (Google, s. f.)

Rutas existentes en el Terminal Carcelén

En el terminal Terrestre de Carcelén existen actualmente 4 rutas principales que salen de este lugar hacia diferentes sectores del norte de la capital.

Las rutas alimentadoras son:

- Carcelén – Alborada – Bellavista
- Carcelén – Calderón – Cabuyal
- Carcelén – Calderón – Oyacoto
- Carcelén – Colinas del Valle

Como se mencionó antes, estas rutas están a cargo de diferentes cooperativas de transporte que son subsidiadas por la Empresa de Transportes de Pasajeros Municipal de Quito (Rutas Alimentadoras). Los horarios de atención en esta terminal son: de lunes a viernes de 05:00 a 21:20, sábados de 06:00 a 19:40 y domingos de 06:00 a 18:30.

Figura 35

Mapa de rutas que operan en la terminal de Carcelén



Nota. Tomado de (Empresa de Transporte de Pasajeros Quito, 2022)

Recorrido de cada ruta

En dicho terminal laburan al día un total de 25 buses que recorren distintos barrios del norte de Quito. En las siguientes imágenes se muestra más detalles del trayecto de cada ruta.

- **RUTA: CA47-T. Carcelén – Calderón – Cabuyal**

Figura 36

Ruta: Carcelén – Calderón – Cabuyal

CA-47	Alimentador Cabuyal-Collas-Calderón	
Longitud	22.65 kilómetros	
Recorrido	T. Carcelén, Panamericana Norte, Av. 9 de Agosto Av. La Cacha, Av. Virgen de Moserrath.	
Horario	Lunes a viernes	06:03 a 22:00
	Sábados	06:15 a 22:00
	Domingos	06:30 a 21:30

- **RUTA: CA48-T. Carcelén – Colinas del Valle**

Figura 37

Ruta: Carcelén – Colinas del Valle

CA-48	Alimentador San José de Morán-Carapungo	
 Longitud	18.26 kilómetros	
 Recorrido	T. Carcelén, Panamericana Norte, Padre Luis Vacari, Av. Galo Plaza, Carlos Mantilla, Calle Madrid.	
 Horario	Lunes a viernes	06:05 a 22:00
	Sábados	06:15 a 22:00
	Domingos	06:25 a 21:30

- RUTA: CA50-T. Carcelén – Alborada – Bellavista

Figura 38

Ruta: Carcelén – Alborada – Bellavista

CA-50	Alimentador Alborada-San Juan-Pradera	
 Longitud	28.05 kilómetros	
 Recorrido	T. Carcelén, Panamericana Norte, Geovanny Calles Amalia Urigüen, Pío XII.	
 Horario	Lunes a viernes	05:50 a 22:00
	Sábados	06:14 a 22:00
	Domingos	06:20 a 21:30

- RUTA: CA52-T. Carcelén – Calderón – Oyacoto

Figura 39

Ruta: Carcelén – Calderón – Oyacoto

Recorrido:	Horario:	Longitud:
T. Carcelén	Lunes a viernes: 05h00 - 22h00	16.25 kilómetros
Galo Plaza	Sábados: 06h00 - 21h00	
Panamericana Norte	Domingos: 06h00 a 20h00	
Peaje de Oyacoto		
Barrio Oyacoto		

En La *Tabla 10* se detalla los parámetros técnicos sobre cada ruta, estos datos se obtuvieron conforme la Secretaría de Movilidad de Quito.

Tabla 10

Rutas alimentadoras del Terminal Carcelén

RUTA: CA47-T. Carcelén – Calderón – Cabuyal					
Distancia recorrida por cada viaje (km)	Tiempo de recorrido por viaje (ida y retorno)	Intervalo (minutos)	Numero de vueltas/viajes	Flota autorizada	Promedio Velocidad (km/h)
45.3km	2h:10min	15 minutos	7	9 unidades	40km/h
RUTA: CA48-T. Carcelén – Colinas del Valle					
Distancia recorrida por cada viaje (km)	Tiempo de recorrido por viaje	Intervalo (minutos)	Numero de vueltas/viajes	Flota autorizada	Promedio Velocidad (km/h)
36.52km	1h:40min	35 minutos	9	3 unidades	35km/h
RUTA: CA50-T. Carcelén – Alborada – Bellavista					
Distancia recorrida por cada viaje (km)	Tiempo de recorrido por viaje	Intervalo (minutos)	Numero de vueltas/viajes	Flota autorizada	Promedio Velocidad (km/h)
56.01km	2h:15min	12 minutos	6-7	11 unidades	40km/h
RUTA: CA52-T. Carcelén – Calderón – Oyacoto					
Distancia recorrida por cada viaje (km)	Tiempo de recorrido por viaje	Intervalo (minutos)	Numero de vueltas/viajes	Flota autorizada	Promedio Velocidad (km/h)
40km	1h45min	50 minutos	8-9	2 unidades	37km/h

Nota. Para estos datos no se tomó en cuenta los horarios de feriados ni de fines de semana (sábados y domingos).

Proyección del consumo energético (kWh/día) para las rutas

Esta proyección sirve para dar a conocer el consumo energético total diario de las unidades y establecer si la autonomía que ofrecen las baterías es apta para dichas rutas.

En este punto es importante precisar que la autonomía del bus depende del fabricante, y cabe destacar que cada marca de bus implementa su propio conector de carga, dado que a veces el mismo fabricante debe proveer los accesorios y herramientas para el suministro del

bus. Es así que la elección del autobús se basó en factores que favorecen y agilizan mucho mejor la carga del bus, dicho modelo seleccionado es el K9G del fabricante BYD, el cual se muestra en la Figura 6 del Capítulo II y sus especificaciones técnicas se indican en el Anexo I.

Por otra parte, en la *Tabla 12* se muestra el valor obtenido del consumo en kWh/día (en base a la *Tabla 11*) para cada unidad y de toda la flota de 25 buses.

Tabla 11

Consumo energético neto de los buses eléctricos

RUTA: CA47-T. Carcelén – Calderón – Cabuyal				
Servicio Horas Unidad/día	Recorrido total Unidad/día (km)	Recorrido total Flota/día (km)	Consumo bus eléctrico (kWh/día)	Consumo Flota (kWh/día)
15h57min	317.10km	2853.9km	294.9	2654.13
RUTA: CA48-T. Carcelén – Colinas del Valle				
Servicio Horas Unidad/día	Recorrido total Unidad/día (km)	Recorrido total Flota/día (km)	Consumo bus eléctrico (kWh/día)	Consumo Flota (kWh/día)
15h55min	328.68km	1007.25km	312.246	936.73
RUTA: CA50-T. Carcelén – Alborada – Bellavista				
Servicio Horas Unidad/día	Recorrido total Unidad/día (km)	Recorrido total Flota/día (km)	Consumo bus eléctrico (kWh/día)	Consumo Flota (kWh/día)
16h10min	336.06km	3696.66km	312.54	3437.89
RUTA: CA52-T. Carcelén – Calderón – Oyacoto				
Servicio Horas Unidad/día	Recorrido total Unidad/día (km)	Recorrido total Flota/día (km)	Consumo bus eléctrico (kWh/día)	Consumo Flota (kWh/día)
16h30min	340km	680km	316.2	632.4
TOTAL (kWh/día)			1235.886	7661.15

Para calcular el consumo al día de la unidad, se multiplica la ruta total recorrida del día en km por el consumo que es 0.93 kWh/km (de acuerdo a la especificación del fabricante) del autobús marca BYD.

En este caso el cálculo pertinente de cada ruta y cada unidad despachada se la realizo por la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo bus electrico} = \text{Ruta total recorrida/día} \cdot \text{Consumo (0.93kwh/km)}$$

Y para sacar el consumo total solo se multiplica para el número de buses que hacen dicha ruta al día, se lo puede apreciar en la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo de la Flota} = \text{Consumo bus electrico} \cdot \text{Flota autorizada}$$

RUTA: CA47-T. Carcelén – Calderón – Cabuyal

$$\text{Consumo bus electrico} = \frac{317.1\cancel{\text{km}}}{\text{día}} \cdot \frac{0.93\text{kWh}}{\cancel{\text{km}}}$$

$$\text{Consumo bus electrico} = 294.9\text{kWh/día}$$

$$\text{Consumo de la Flota} = \frac{294.9\text{kWh}}{\text{día}} \cdot 9 \text{ buses}$$

$$\text{Consumo de la Flota} = 2654.13\text{kWh/día}$$

Resultados del consumo de cada ruta

De acuerdo a la tabla 11, el consumo máximo que requiere la batería de un bus para cada una de las rutas no sobrepasa los 324kWh/día . (Siendo la ruta CA52 la más alta consumiendo 316.2kWh al día). Con estos resultados obtenidos se deben tener en cuenta algunos aspectos para establecer su factibilidad y el tipo de recarga de los buses.

- Se determina que la flota total de 25 buses que opera en el terminal Carcelén consume 7661.15 kWh al día, siendo un valor en donde es factible implementar un centro de transformación ya que excede la capacidad nominal del lugar.
- El dato del consumo por kWh/día de las baterías fueron sacados de las especificaciones técnicas del bus BYD en su modelo K9G, en este mismo se detalla que el total de su capacidad de almacenamiento es 324kWh y un consumo promedio de 0.93kWh/km . Esto quiere decir que, para la utilización de otro modelo y marca de autobús, la autonomía y capacidad de la batería no será la misma.
- El recorrido más largo en un día, que hace la unidad es en la ruta CA52-T, recorriendo 340km . Esto no significa que sea la ruta más larga, sino que al no poseer tantas

unidades habilitadas para este recorrido se fuerza mucho las que se encuentran disponibles.

- Según las especificaciones el modelo del bus K9G, tiene una autonomía de +250km, y acorde al kilometraje total que recorre una unidad al día (340km), significa que para que las unidades eléctricas puedan operar sin ningún riesgo de desabasto eléctrico se necesita realizar algunos cambios en la gestión de transporte en este terminal.

Consideraciones para la eficiencia del bus

- Considerando que al final de cada jornada laboral se debe realizar la recarga respectiva del autobús eléctrico en un horario nocturno de 8 horas, esta se lo puede hacer desde las 22:00pm hasta las 8:00am, además que en ese horario el costo del kW/h oscila en los 8ctvs para carga específicamente de buses eléctricos.
- Si dividimos el valor del consumo máximo de la batería del autobús eléctrico (316.2kWh) sobre la potencia máxima de carga por hora (43kWh) obtendríamos aproximadamente poco más de 7h como resultado de tiempo de carga efectivo.
- Se debe tener un uso moderado del aire acondicionado debido a que este utiliza energía de la batería para su funcionamiento y por ende desfavorece el rendimiento de la misma durante la ruta.
- La demanda energética para un autobús eléctrico también depende mucho de la velocidad, distancia de la ruta, número de pasajeros, temperatura, topografía, calidad de la vía y comportamiento del conductor.

Infraestructura eléctrica del terminal

Si hablamos del sistema eléctrico, la terminal cuenta con un transformador trifásico de capacidad total de 125kVa que sirve para distribuir de energía a toda la infraestructura, que está conformada por las áreas de oficinas, encomiendas, boletería, andenes, etc.

Figura 40

Transformador disponible en la Terminal



Nota. Se trata de un transformador trifásico tipo poste, con relación 22 kV - 220/127 V, conexión Estrella - Estrella, neutro secundario común con medio voltaje.

Potencia disponible del lugar seleccionado

La potencia disponible de este lugar se determina de acuerdo al transformador existente, que es de 125 kVa. Como se trata de un predio municipal y representa varias áreas comerciales entonces su factor de potencia también es para uso comercial 0.85, acorde a la normativa de distribución de la Empresa Eléctrica Quito (EEQ). Siendo así la potencia real del lugar en kilovatios es de 106.25kW aproximadamente.

La demanda de potencia necesaria para cubrir la estación de carga rápida es bastante elevada, y en respuesta a uno de los objetivos, Si se requiere la implementación de un transformador o varios transformadores para este caso, ya que la demanda energética disponible solo cubre las cargas que actualmente dispone el lugar, siendo ineficiente para abastecer de energía a la flota planteada, además de que se debe optar por un diseño independiente para la distribución de energía.

Alimentación en Media Tensión del lugar

La red de distribución primaria aérea del Distrito Metropolitano de Quito aérea (MT) es cubierta con voltajes de 13.2kV y 6.3kV, los cuales están conformados con uno, dos o tres conductores de fase y uno de neutro continuo sólidamente puesto a tierra a partir del punto neutro de la subestación de distribución y común con los circuitos secundarios. Así lo establece el reglamento de distribución proporcionado por la Empresa Eléctrica Quito.

Elección del cargador

Los cargadores siempre vienen sujetos a diferentes tipos de estándar, ya que cada fabricante se abstiene a un tipo de conector o estándar. Siendo así, para la marca fabricante de buses BYD se debe escoger el mismo tipo de cargador.

El cargador que se escoge es el modelo EVA080K1/01 del tipo AC de carga semirápida (ver figura 41), esta cumple con el estándar europeo TIPO 2 o MENNEKES, suministrando energía eléctrica a una potencia de un poco más 80kw por medio de dos pistolas de alimentación de 43kw cada una que pueden ser conectadas al bus de manera individual o simultánea, depende la estimación de recarga requerida (para ambas pistolas en simultaneo 4h).

Tiene unas dimensiones de 900mm x 690mm y una altura del pie de poste de 1850mm. Se debe mencionar que estará protegida por un gabinete metálico, para garantizar su funcionamiento ante el polvo, agua y demás componentes que alteren su funcionamiento.

Figura 41

Cargador para el bus eléctrico BYD



Nota. Tomado de Narea, (2019)

Características técnicas del cargador

Se debe establecer la norma IEC 61851-22:2001, donde se especifica las características técnicas que debe estar grabadas en los postes y de forma permanente con placas o etiquetas. En este tipo de cargador sus características técnicas son:

Tabla 12

Características Técnicas Manual BYD

Voltaje Nominal	400 VAC 3-phase
Corriente de entrada	≤ 126 [A]
Potencia de entrada	≤ 80 [kW]
Frecuencia	50-60 [Hz]
Voltaje de salida	400 VAC 3-phase
Corriente de salida	≤ 126 [A]
Potencia de salida	≤ 80 [kW]
Tipo de conector de carga	GB/T 20234-2012

Nota. Tomado de Mecánica En Acción. (2022, 17 marzo).

Potencia nominal del cargador

Para la previsión de energía que tendrá el cargador se tomará en cuenta el dato de la potencia de entrada de cada cargador, que es de 80kw, con un factor de potencia de 0.95

según la regulación No. CONELEC – 004/11, la potencia nominal de cada cargador sería de 84.21kva.

Diseño eléctrico de la electrolinera

La memoria técnica hará un énfasis en las partes que conforman la instalación eléctrica acorde a la demanda y disponibilidad de potencia en el lugar donde se realice la implementación, se considera las siguientes características:

- Previsión y dimensionamiento de cargas
- Línea de distribución en (MT) Tensión Media
- Centro de seccionamiento
- Línea de distribución en (BT) Tensión Baja
- Aparamenta eléctrica

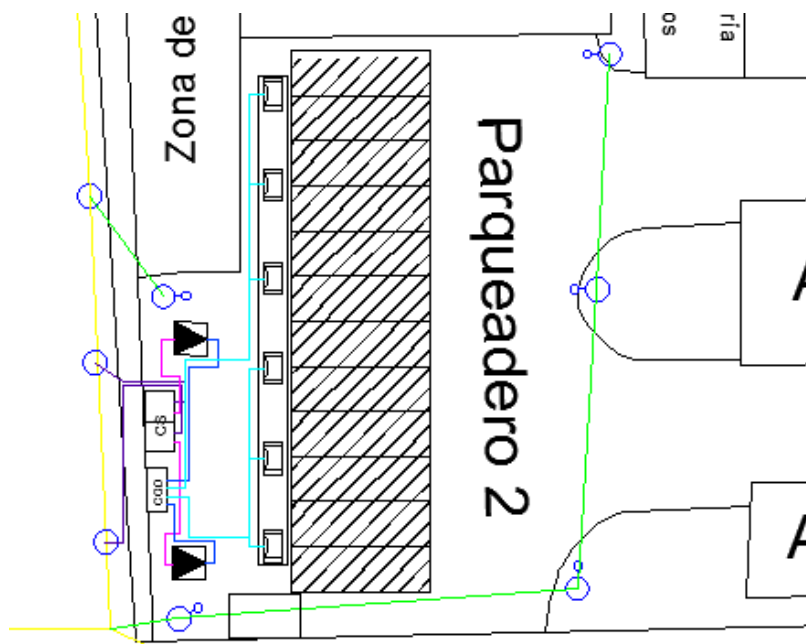
Propuesta de diseño

Para el abastecimiento de los 12 buses eléctricos, se pretende realizarlo por medio de 6 cargadores carga rápida de 80kw, que distribuye la energía por medio de 2 mangueras cada una, suministrando de energía al mismo tiempo a 2 buses en el transcurso de la noche completando así la flota estipulada.

Cada conector suministraría una potencia de 40 kWh, y el tiempo que tardaría en cargar el bus sería 8 horas.

Diseño de la electrolinera

La propuesta para el diseño de la electrolinera que se pretende llevar a cabo, muestra el área de ocupación del centro de cargas y como está distribuido cada cargador acorde al espacio disponible en el lugar, además se muestra el espacio que ocuparía los demás elementos de transformación como son la cabina de transformación, aparamenta eléctrica, celda de seccionamiento entre otros.

Figura 42*Diseño de la electrolinera***Reglamentos**

En este proyecto técnico se consideran las siguientes normativas:

- Resolución No. ARCONEL-038/15 “Tarifa general de baja tensión con registrador de demanda horaria para vehículos eléctricos”.
- Regulación No. ARCONEL 00X/19 “Calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica”
- Proyecto de Reglamento Técnico Ecuatoriano PRTE INEN 162 “Accesorios de carga para vehículos eléctricos”.
- EEQ. Normas para sistemas de distribución – Parte A GUÍA PARA DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN, Secciones: A-11 (PARAMETROS DE DISEÑO), A-12 (DIMENSIONAMIENTO Y TRAZADO), A-13 (SECCIONAMIENTO Y PROTECCIONES), SECCIÓN A-20 (EQUIPOS Y MATERIALES)
- Guía Para El Manejo Del Transformador Tipo Pedestal o Caja De Maniobra

Área del Lugar

De acuerdo al espacio disponible de 2106 m², (ver figura 34) se pretende implementar una electrolinera que cuente con 6 cargadores de 2 pistolas para que cada uno suministre 40kw/h a dos buses eléctricos al mismo tiempo (12 buses en total) y lo recargue en un lapso de 6-8 horas por completo. Si multiplicamos la potencia nominal de cada cargador (80kw) por los 6 cargadores que son en total, la potencia neta del centro de carga será de 480kw.

Clasificación del uso del suelo

Es necesario conocer el “Tipo de uso del suelo” que se encuentre suscrito el Terminal Terrestre Norte. De acuerdo a las “Normas para sistema de Distribución” de la Empresa Eléctrica Quito (EEQ), el uso del suelo del Terminal es de tipo Patrimonial (H), en donde cualquier actividad que se realice dentro de él dependerá de Ordenanza de Áreas y Bienes y patrimoniales.

Estrato de Consumo

El estrato de consumo al que pertenece la Terminal de Carcelén según el plano publicado por la EEQ es de categoría A, teniendo una escala de 351 – 500 (kWh/mes/cliente)

Previsión de la demanda de la electrolinera

En este proyecto, la previsión de la demanda se la realiza para dimensionar la instalación eléctrica de toda la infraestructura de carga.

Se debe considerar también que las estaciones de carga constituyen un solo cliente con carga constante o especial durante toda la noche.

Dimensionamiento del Transformador eléctrico

Para este dimensionamiento se realizó la siguiente tabla con el fin de calcular la potencia real y aparente de la electrolinera, y seleccionar el tipo de transformador más adecuado.

Tabla 13*Potencia nominal del centro de carga*

Cálculo de la demanda de potencia del centro de carga							
Punto de Carga	Tensión (V)	Potencia (kW)	Potencia (kVA)	Factor Potencia	Cantidad	Potencia Total (kW)	Potencia Total (kVA)
Cargador	400	80	84.21	0.95	6	480	505.26

Nota. El valor del factor de potencia de los cargadores se destina a 0.95 de acuerdo a la normativa vigente para sistemas de distribución de le EEQ.

CARGA TOTAL DEMANDADA (KW) = 480KW

POTENCIA NOMINAL DEMANDADA (KVA) = 505.26KVA

Ante la limitada área disponible en donde se pretende implementar la electrolinera, se considera más factible utilizar 2 transformadores tipo pedestal de 300kVA cada uno, con una potencia activa 285kW cada uno.

Previsión de cargas para el centro de carga

Demanda máxima diversificada (DMD)

Las normas de distribución eléctrica (EEQ), en la sección A-11 estipula que el valor correspondiente al ESTRATO A para 3 cargas instaladas es de 15.08kW y para 6 cargas instaladas es 21.09kW

Demanda de Diseño (DD)

La demanda a considerar para el dimensionamiento de la red en un punto dado, para los transformadores (donde no se incluye una red secundaria) debe ser calculada mediante la siguiente fórmula:

$$DD = \frac{DMD + D_{PT}}{FP}$$

Donde:

DD: Demanda de Diseño en los bornes secundarios del transformador (kVA)

DMD : Demanda Máxima Diversificada considerando la utilización de equipos eléctricos

D_{PT} : Demanda de Pérdidas Técnicas resistivas (en la red secundaria, en acometidas, en contadores de energía) (kW)

FP : Factor de Potencia (0,95)

La demanda de pérdidas técnicas (D_{PT}) en el alimentador del transformador al tablero de medidores y en los contadores de energía se considerará como el 1% de la DMD.

Para las cargas de un transformador

$$DD = \frac{15.08kW + 0.1508kW}{0.95} = 16.032 kW$$

Para las cargas totales de la electrolinera

$$DD = \frac{21.09kW + 0.2109kW}{0.95} = 22.422 kW$$

Demanda máxima Unitaria (DMU)

El valor máximo de la potencia se determina a partir de la carga instalada del consumidor (CI), que en este caso es la potencia de los 6 cargadores en total y la aplicación del factor de simultaneidad (FSn en %) para cada una de las cargas instaladas. (Representa en este caso el 100%, ya que todos los cargadores se van a encender para abastecer de energía simultáneamente a los 12 buses)

$$DMU = CI \cdot (FSn \cdot 0.01)$$

$$DMU = 480kW \cdot (100 \cdot 0.01) = 480kW$$

Factor de Potencia de la Carga= 0.95

$$DMU (kVA) = 505.26 kVA$$

A partir de este resultado se puede calcular el Factor de Demanda de la infraestructura eléctrica

$$\text{Factor de Demanda} = \frac{DMU}{CI} = \frac{480kW}{480kW} = 1$$

Instalación en media tensión

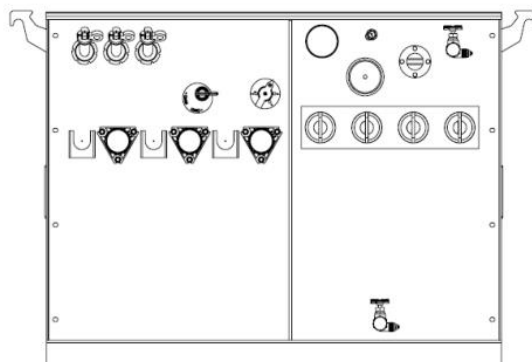
La instalación eléctrica se proyecta para 15 años, al igual que la acometida, de acuerdo a las normas de distribución de le EEQ. Se pretende realizar una red del tipo subterránea

Selección del Transformador

El tipo de Transformador seleccionado es del PEDESTAL de capacidad 300 kVA (2 Transformadores) con niveles de tensión en el primario de 13.2 - 6.3kV / 400 – 220V, conexión Delta - Estrella, neutro secundario continuo, a una frecuencia de 50 - 60 Hz y una configuración radial, esto quiere decir que el transformador va conectado a la línea de alimentación primaria y no permite la continuación de esta a través de él.

Figura 43

Parte Frontal de la conexión radial



Nota. Tomado de (Magnetron Colombia, 2013)

Características

- El transformador está dentro de un gabinete metálico, provisto de puertas con cerraduras.
- El material elaborado es con acero inoxidable
- El líquido refrigerante es de Aceite Mineral tipo I o II libre de PCB's, o de aceite vegetal
- El transformador cumple con las normas IEEE, IEC Y CERTIFICACIÓN UL.

Para el **montaje** del transformador se debe tener en cuenta las siguientes normas:

- Deben estar instalados en una plataforma lisa y nivelada ($\alpha \leq 1.5^\circ$ de inclinación), suficientemente fuerte para soportar su peso
- Debe estar instalado en un lugar con área libre suficiente que permita la apertura de las puertas del gabinete (ángulo mayor 135°)
- Se debe garantizar distancias mínimas a edificaciones, muros, vías etc.
- Todo transformador cuya capacidad sea igual o superior a 112.5 kVA, deberá poseer un sistema de contención y recolección de los derrames de aceite (conformado por un foso y trampa de aceite), el cual deberá tener la capacidad de contener el 100% del volumen total de aceite del transformador a instalar (Antia, 2019).

Figura 44

Transformador Trifásico tipo PEDESTAL (300KVA)



Nota. Tomado de (ECUATRAN, 2022).

Tabla 14*Características y dimensiones del transformador*

POTENCIA kVA	Dimensiones aproximadas			Voltaje Primario (kV)	Voltaje Secundario (V)	Frecuencia (Hz)	Peso (Kg)
	L(mm)	P(mm)	H (mm)				
300 kVA	1500	1250	1325	13.2	400	60	1580

Nota. La *Tabla 14* especifica las dimensiones y características del transformador (las demás especificaciones técnicas se encuentran disponibles en los ANEXOS)

Cálculos del Transformador

Los transformadores a utilizarse tendrán la misma capacidad de potencia (300kVA cada uno), con nivel de tensión 13.2kv/400V.

Corriente del transformador

La corriente del transformador en el devanado primario se obtiene mediante:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_p}$$

$$I_p = \frac{300kVA}{\sqrt{3} \cdot 13.2kV} = 13.12A$$

La corriente del transformador en el devanado secundario se obtiene mediante:

$$I_s = \frac{S}{V_s}$$

$$I_s = \frac{300kVA}{\sqrt{3} \cdot 0.40kV} = 433.01A$$

Dónde:

S: Potencia aparente.

I_p : Corriente en el primario en A.

I_s : Corriente en el secundario en A.

V_p : Tensión en el primario en kV.

V_s : Tensión en el secundario en kV.

Relación de Transformación

La relación de transformación se la calcula mediante la siguiente fórmula:

$$K = \frac{V_p}{V_s} = \frac{13200V}{400V} = 33$$

Donde:

V_p : Tensión en el primario en V.

V_s : Tensión en el secundario en V.

Corriente de corto circuito

La corriente de corto circuito en el primario y secundario de los transformadores se determina mediante las siguientes ecuaciones:

$$I_n = \frac{\text{Capacidad kVA}}{\sqrt{3} \cdot V_p}$$

$$I_{cc} = \frac{I_n}{Z}$$

Dónde:

I_n : Corriente de corto circuito trifásica en el primario en A.

I_{cc} : Corriente de corto circuito trifásica en el secundario en kA.

V_p : Voltaje en el primario en kV.

Z: Impedancia en %

$$I_n = \frac{300kVA}{\sqrt{3} \cdot 0.40kV} = 433.01A$$

$$I_{cc} = \frac{433.01A}{\frac{4.5}{100}} = 96.22kA$$

Protecciones del Transformador

Es importante mencionar que, en la placa de características del transformador, el fabricante deberá dejar registro del valor de los fusibles bayoneta y limitador instalados.

Sin embargo, para la protección del transformador se debe tener en cuenta la corriente que entra por el devanado primario $I_p = 13.12A$.

- **Interruptor general**

Para determinar la protección del IG se debe seguir la siguiente relación:

$I_{conductor}$ = Es la corriente que admite el conductor, según la *tabla 15* este mismo soporta 455A en instalaciones aéreas

$$I_p < I_{Int.General} < I_{conductor}$$

$$13.12A < I_{Int.General} < 455A$$

Además, esta debe tener un factor de seguridad del 25% (1.25)

- **Fusibles**

Los transformadores tipo pedestal deberán tener fusibles limitadores de energía y fusibles del tipo Bay-O-Net, en la tabla de la siguiente figura se puede elegir su valor establecido.

Figura 45

Fusibles para el transformador tipo pedestal

CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR (KVA)	FUSIBLE BAY-O-NET DUAL SENSING	FUSIBLE LIMITADOR (ELSP) [=] A
30	C03	30
45	C03	30
75	1 – C05 2 – C05	1 – 30 2 – 40
112.5	1 – C05 2 – C05 3 – C08 4 – C08	1 – 30 2 – 40 3 – 80 4 – 100
150	1 – C08 2 – C08	1 – 80 2 – 100
225	1 – C08 2 – C08 3 – C10 4 – C10	1 – 80 2 – 100 3 – 80 4 – 100
300	1 – C08 2 – C08 3 – C10 4 – C10	1 – 80 2 – 100 3 – 80 4 – 100
400	1 – C10 2 – C10 3 – C12 4 – C12	1 – 100 2 – 125 3 – 125 4 – 150
500	1 – C10 2 – C10 3 – C12 4 – C12	1 – 100 2 – 125 3 – 125 4 – 150

Nota. Valores de referencia para la selección de fusibles en transformadores pedestal trifásicos con conexión primaria en delta y tensión primaria 13200 Voltios. Tomado de la IEEE Std.

C37.48.1

Figura 46

Zona disponible en el Terminal Carcelén



Nota. En dicho lugar se pretende instalar los transformadores

Celdas de Seccionamiento y medición

La parte de seccionamiento recibe en su entrada la acometida de la red de distribución en MT, desde su salida alimenta en punta y protege al transformador. Las celdas a emplearse son las siguientes:

Celda de medida de corriente y tensión

La celda elegida para la medida de tensión e intensidad es la GBC-A de 16KA con 3 sistemas TT's de conexión a tierra. Las dimensiones son: altura 1.600 mm, profundidad 1038 mm, ancho 750 mm. La *figura 47* muestra los accesorios de este tipo de Celda.

- 2 transformadores de tensión
- 3 transformadores de corriente
- Juego de barras tripolar de 400 A, 24 kV y 16 kA.
- Bornes de conexión para entrada y salida por cable unipolar.

Figura 47

Celda SM6-24 GBC-A



Nota. Tomado de (M., 2022)

Celda de protección con interruptor y seccionador de aislamiento

Se escogió la celda de interruptor automático SM6 IM de 24kV, de la marca SCHNEIDER ELECTRIC. La cual brinda las siguientes características:

- **Datos básicos**

Objeto: Celda de interruptor

- **Detalles técnicos**

Temperatura de trabajo: (-5) - 40 °C

- **Peso y dimensiones**

Ancho: 375 mm, **Peso:** 130 Kg, **Altitud de trabajo:** 1000 m

- **Seguridad / Normativas**

Grado de protección: IP3X, **Normas:** IEC 62271-200

Figura 48

Celda de interruptor automático SM6 IM



Nota. Tomado de (matmax, 2022)

Conductores en MT

El conductor más adecuado que se pretende utilizar es el X-VOLT RHZ1 de Aluminio (12/20kV), este cable tiene aislamiento tipo XLPE, libre de halógenos.

Acometida

Se dirigen desde un poste mediante tubería metálica incrustada hacia los centros de seccionamiento y luego a los centros de transformación.

El cableado de las acometidas es de 3 fases y 4 conductores (3F4C), calibre AWG 3x2, se componen de conductores de aluminio con aislamiento XLPE, $3 \times 240 \text{ mm}^2 + 1 \times 240 \text{ mm}^2$

Las características técnicas del cable para la acometida se especifican en la *tabla 15*

Características del conductor

1. Conductor

Conductor de Aluminio clase 2 según UNE-EN-60228 e IEC 60228

Opcionalmente con obturación longitudinal (cables tipo -2OL)

2. Pantalla Semiconductora Interna

Material semiconductor termoestable aplicado sobre el conductor

3. Aislamiento

Polietileno reticulado (XLPE), en catenaria de atmosfera seca, mediante el proceso de triple extrusión

4. Pantalla Metálica

Corona de alambres de cobre y contra espira de cobre, con una sección mínima de 16 mm^2

5. Obturación longitudinal

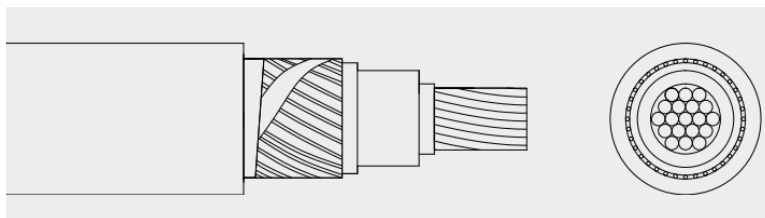
Cinta higroscópica recubriendo totalmente la pantalla

6. Cubierta Exterior

Poliolefina libre de halógeno, de color rojo

Figura 49

Conductor XLPE (X-VOLT RHZ1)



Nota. Tomado de (Top Cable, 2016)

Estándares

- **Norma de Referencia:** UNE HD 620 10E (tipo 10E-1) / IEC 60502-2
- **Certificaciones:** Certificado AENOR

Tabla 15

Especificaciones técnicas de los conductores de media tensión

Sección transversal (mm ²)	Dimensiones			Datos Eléctricos			Intensidades máximas	
	Ø Cond. (mm)	Ø Ais. (mm)	Ø Ext. (mm)	Peso (kg / km)	X (Ω/km a 50Hz)	C (μzF/km a 50Hz)	Al aire (40°) (A)	Enterrados (25°) (A)
240 (1)	18	30.4	39.5	1618	0.109	0.290	455	345
70 (2)	9.8	22.2	30.7	910	0.131	0.191	210	170

Notas. Tomado de Top Cable, (2018)

(1) Se utilizará para la conexión desde la red primaria hacia las Celdas de Seccionamiento y Protección (CS).

(2). Se utilizará para la conexión desde las Celdas de Seccionamiento hasta el Transformador.

Los conductores usados en media tensión del plano eléctrico se especifican como:

- Conductor aislado de aluminio, clase 12/20kv 3x240 mm² + 1x240 mm²: CO-RHZ1-3x240 (240).
- Conductor aislado de aluminio, clase 12/20kv 3x70 mm² + 1x70 mm²: CO- RHZ1-3x70 (70).

Caída de Voltaje en MT

Para el cálculo de la caída de tensión de los conductores es necesario dividir por tramos cada conexión y conocer las distancias de dichos tramos. En este proyecto no se tiene una distancia concreta de cada tramo, para lo cual se tiene una proyección estimada.

Según la normativa de la EEQ para personas residenciales en zonas urbanas la caída de voltaje que deberán tener los conductores en MT no deberá exceder del 3%.

En la *tabla 16* se detalla las longitudes aproximadas de las líneas en MT que conectan el alimentador con el transformador.

Tabla 16

Características líneas de media tensión

Línea	Tramo	Longitud máx. aprox. (m)	Conductor N° Fases	Conductor Calibre
Red Primaria-CS	0 – 1	20	3F-4C	240
CS -Transformador	1 – 2	5	3F-4C	70

La caída de tensión se la calcula mediante la siguiente expresión:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot L \cdot I}{S_c}$$

Donde:

ΔV : Caída de tensión

S_c : Sección del conductor en mm²

ρ : Resistividad de los materiales conductores en ohm/km

L : Distancia en m

I : Intensidad de corriente de diseño en A (Escogemos la corriente que pasa por la línea:

433.01A)

ΔV : Caída de tensión

- **Tramo de acometida (Red primaria-CS)**

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.109 \text{ohm/km} \cdot 20 \text{m} \cdot 433.01 \text{A}}{240 \text{mm}^2} = 6.81 \text{V}$$

Nos basamos en la siguiente relación:

$$\Delta V < 3\% \cdot V$$

$$6.81 \text{V} < 3/100 \cdot 13200$$

$$6.81 \text{V} < 396 \text{V}$$

- **Tramo de CS – Transformador**

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.131 \text{ohm/km} \cdot 5 \text{m} \cdot 433.01 \text{A}}{70 \text{mm}^2} = 7.02 \text{V}$$

Nos basamos en la siguiente relación:

$$\Delta V < 3\% \cdot V$$

$$7.02 \text{V} < 3/100 \cdot 13200$$

$$7.02 \text{V} < 396 \text{V}$$

Instalación en baja tensión

La infraestructura eléctrica de baja tensión para el centro de transformación es considerada de acuerdo al número total de usuarios, que, en este caso, según la normativa vigente, debe durar un periodo de 10 años a partir de la fecha de su implementación.

Conductores de baja tensión

Los cables saldrán desde la celda de protección al tablero de distribución secundario para los cargadores eléctricos. Y desde el cuadro secundario hasta la estación de servicio. Para las líneas en BT se usarán conductores de cobre TTU de asilamiento con Polietileno reticulado (XLPE) y un nivel de tensión de 2kV, entre sus características principales podemos distinguir:

Características

- CONDUCTOR: Cobre, suave cableado

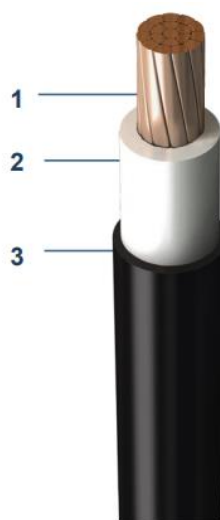
- AISLAMIENTO: Polietileno reticulado (XLPE), retardante a la llama, resistente a rayos solares.
- CHAQUETA: Cloruro de polivinilo acrílico (PVC flexible)
- TENSIÓN: 2 kV
- Temperatura máxima del conductor en servicio permanente: 90°C.

Normas y certificaciones

- ICEA S-95-658, NTC 1099-1
- RETIE y NTC
- Procesos y procedimientos del Sistema de Gestión Integrado ISO 9001, 14001, 45001

Figura 50

Conductor TTU 2000V Cu



Nota. Tomado de (Cablec, 2015)

En la siguiente tabla se muestra las especificaciones técnicas para este conductor

Tabla 17

Características de los cables TTU tensión 2kV para BT

Calibre	Sección	Espesor aislación	Espesor chaqueta	Diámetro exterior	Peso total	Res. Max. a 20°C	Capacidad corriente A
							Ducto enterrado/al aire libre
AWG	mm ²	mm	mm	mm	Kg/km	CCΩ/km	Temp. 30°C
1/0 (1)	53.5	1.65	1.14	14.8	600	0.329	170
2/0 (2)	67.4	1.65	1.14	15.8	737	0.261	195

Nota. Tomado de Cablec, (2015).

(1) Estará conectado desde el Transformador hasta el Tablero General de Distribución (TGD)

(2) Estará conectado desde el Tablero General de Distribución hacia el tablero secundario

donde finalmente se derivará a los diferentes puntos de carga.

La codificación e identificación de cada conector en el plano será de la siguiente

manera:

- Conductor de aislación XLP, clase 2kV, 53.5mm 1/0: CO-TTU-3X/1(1/0)
- Conductor de aislación XLP, clase 2kV, 67.4mm 2/0: CO- TTU-3X/2(2/0)

Caída de Voltaje en BT

Aquí existen demasiados tramos con diferentes distancias, sin embargo, el trazado de las líneas no es tan longitudinal, por lo cual la caída de voltaje tiende a ser muy baja. Esta caída de tensión se prevé que esté dentro del rango en % que la normativa de la EEQ estipula.

Para personas residenciales en zonas urbanas la caída de voltaje que deberán tener los conductores en BT no deberá exceder del 2.5% (EEQ, 2021)

En la *tabla 18* se detalla las longitudes aproximadas de las líneas en MT que conectan el alimentador con el transformador.

Tabla 18*Características líneas de baja tensión*

Línea	Tramo	Longitud máx. aprox. (m)	Conductor N° Fases	Conductor Calibre
Transformador-TGD	0 – 1	10	3F-4C	2/0
TGD-Tablero Secundario	1 – 2	1	3F-4C	2/0
Tablero Secundario-Cargadores	-	-	3F-4C	1/0

Cuadros de Distribución

En el cuadro de baja tensión para el centro de carga se utiliza los siguientes cuadros:

- Cuadro General de Baja Tensión.
- Cuadros Secundarios: Cargadores.

Cuadro general de baja tensión

En el CGBT se asigna una tensión trifásica de 400 VAC, a frecuencia de 60 Hz, se compone de los siguientes equipos de protección:

- **Interruptor seccionador:** Corte de carga a 300 A, 400 V, 60 Hz, 3 polos más neutro.
- **Interruptor automático:** 4 polos, corriente asignada 160 A, sensibilidad 30mA
- **Tablero de baja tensión:** Alojamiento de los equipos de protección del TGD

Cuadros secundarios

En los cuadros secundarios no se considera los cuadros de iluminación ni tomas adicionales, únicamente los Cuadros Secundarios de Cargadores que están colocados en un armario metálico.

Protecciones de Baja Tensión

Cuadro general de Distribución

La intensidad de corriente de los tramos para las líneas en baja tensión se obtiene a partir de la *tabla 17*, donde la corriente admisible por el conductor de calibre 2/0 es de 195A, la cual se multiplica por 3 obteniéndose una corriente de $I_z = 585A$

La corriente máxima requerida es 126A de acuerdo a la capacidad de los cargadores.

Para seleccionar el interruptor de corte de carga se debe seguir la siguiente ecuación:

$$I_b < I_n < I_z$$

$$I_2 \leq 1.45I_z$$

Donde:

I_b : Corriente para la que se ha diseñado el circuito según la previsión de cargas (126A)

I_n : Corriente asignada al dispositivo de protección (Interruptor automático)

I_z : Corriente admisible del conductor

I_2 : Corriente que asegura la actuación del dispositivo de protección para un tiempo largo

El valor de I_2 interruptor termomagnético se indica en las siguientes normas:

$I_2 = 1.3I_n$, según IEC 60947-2.

$$126A < I_n < 585A$$

La corriente asignada a $I_n = 160A$

Para los interruptores termomagnéticos se tiene:

$$I_2 = 1.3I_n = 1.3 \cdot 160A = 208A$$

$$208A \leq 1.45(585A)$$

$$208A \leq 848.25A$$

A los interruptores termomagnéticos se les asigna una corriente de 400A

Estaciones de carga

La corriente máxima requerida para los centros de carga se la determina de acuerdo a la fórmula

$$I_{cargador} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

$$I_{cargador} = \frac{80000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.95}$$

$$I_{cargador} = 121.54A$$

Dónde:

P: Potencia en W.

$I_{cargador}$: Intensidad del cargador en A.

U: Tensión en la línea en V

$\cos \varphi$: Factor de potencia= 0.95

La corriente en cada cargador es 121.55A, y la capacidad del conductor 1/0 es de 170A que se le multiplica por 3 porque es línea trifásica (510A).

$$121.55A < I_n < 510A$$

Se le asigna a $I_n = 160A$, para los interruptores termomagnéticos se tiene:

$$I_2 = 1.3I_n = 1.3 \cdot 160A = 208A$$

$$I_2 \leq 1.45I_z$$

$$260 \leq 1.45(510A)$$

$$260 \leq 739.5A$$

A estos interruptores termomagnéticos para los cargadores se les asigna una corriente de 300A

Puesta a tierra

El tipo de suelo en los que se pretende instalar los centros de transformación y seccionamiento son de diferente resistividad.

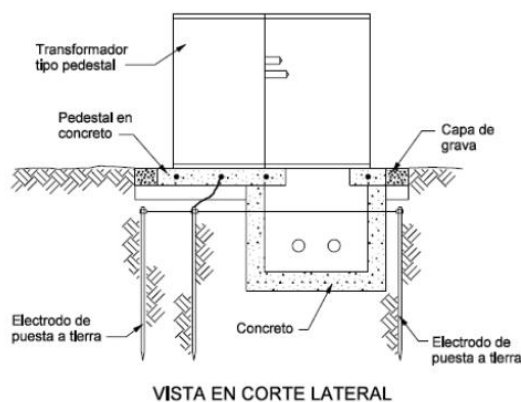
Según las normativas para los sistemas de distribución de la EEQ, se detalla que para la instalación de la puesta a tierra se deberá seleccionar los tipos de disposiciones, acorde al valor de resistividad del terreno. Los valores que se deben obtener para instalaciones a tierra son 25ohmios, en cambio para las instalaciones subterráneas son 5 ohmios.

Para la puesta a tierra se recomienda usar varillas de copperweld de 1.8m - 2.4m con suelda exotérmica.

Todos los puntos de conexión en el mallado de puesta a tierra deben ser independientes para evitar fallas en un punto que provoquen distorsiones o inconvenientes para otros sistemas. Cada punto de conexión debe conectarse a uno de los electrodos del sistema.

Figura 51

Sistema de puesta a tierra



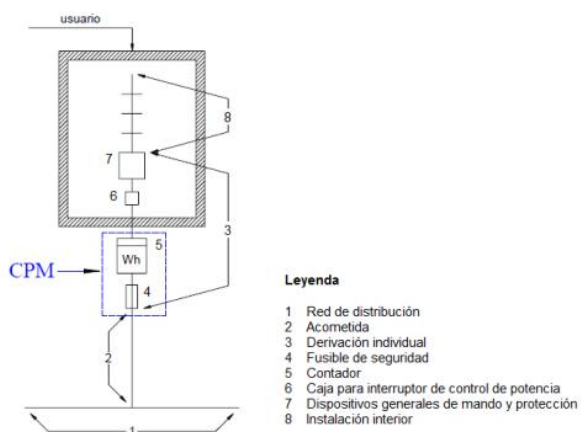
Nota. Tomado de (Magnetron Colombia, 2013)

Contador principal

Se trata de un armario homologado en el que se coloca un medidor electrónico con puerto para gestión de medición remota, se ubica al exterior de los centros de carga. Este medidor verifica el consumo en horarios de menor, medio y alto consumo.

Figura 52

Esquema del contador principal de los buses eléctricos



Nota. Tomado de (W. Alvear, 2019)

Poste de Hormigón

Se pretende realizar la conexión de las acometidas por medio de un poste de Hormigón Armado tipo circular de 14m. El más apropiado según la normativa vigente. En los anexos se detalla la ficha técnica

Figura 53

Poste de Hormigón de sección circular



Nota. Tomado de (Dispostes, 2013)

Infraestructura Metálica

Se pretende que los cargadores tengan una infraestructura con pórticos metálicos para que estén protegidos y fijos rígidamente.

Cubierta para techo

Para la cobertura de las electrolineras ante alguna amenaza climatológica se utilizará un techo fabricado con acero aluminizado (Galvalume) de 0.30 mm de espesor.

Figura 54

Super Techo Cubierta de Acero 0.30 mm



Nota. Tomado de ACIMCO, (2022)

Análisis de factibilidad

Presupuesto para la implementación

Se debe realizar un presupuesto de toda la instalación para determinar si este centro de carga de buses eléctricos es sostenible y si es posible un mejor ingreso económico en la ciudad a comparación con los buses de gasolina.

A continuación, se muestra una tabla con el presupuesto aproximado para la construcción de las celdas de protección y seccionamiento, los conductores, los transformadores, y demás componentes correspondientes. Cabe recalcar que los valores son sacados de acuerdo al catálogo de las marcas de cada componente, en donde ya viene incluido el IVA al precio final. No se incluyó el costo de contrato por una empresa constructora ni el costo de trabajadores o de la mano de obra.

Tabla 19*Costo de las celdas de seccionamiento*

Equipos	Detalles	No. Unidades	Costo V/U (\$)	Herramientas V/U (\$)	Subtotal (\$)
Seccionador 3 Ø	SM6-24 GBC-A	2	700	60	1570
	SM6-IM	2			
Puestas a tierra (cable de 50mm ²)	Varillas copperweld	2	700	60	820
Zanja	Tipo 1	30 metros	40	-	1200
TOTAL			1365	240	5980

Tabla 20*Infraestructura en MT y BT*

Equipos	Detalles	No. Unidades	Costo V/U (\$)	Herramientas/ Inst. (V/U) (\$)	Subtotal (\$)
Transformador 3 Ø	Tipo pedestal 300kVA	2	34000	6000	80000
Pozo de revisión	Tipo B	3	200	20	660
Poste de Hormigón	Tipo circular 14m (800kg)	2	1000	350	2700
Tablero de Distribución	Armario Metálico, Protecciones	2	1000	45	2090
Puesta a tierra	Varillas Copperweld	2	1700	120	3520
Cables en MT	RHZ1, Aluminio, XLPE, (70 mm ²)	20 metros	8.08\$/metro	-	161.6
Acometida MT 13.2KV	RHZ1, Aluminio, XLPE, (240 mm ²)	50 metros	11.7\$/metro	-	585
Cables en BT 2KV	TTU, AWG 1/0 (53.5mm ²)	100 metros	7.46\$/metro	-	746
	TTU, AWG 2/0 (67.4mm ²)	50 metros	9.69\$/metro	-	484.5
TOTAL					90947.1

Costo de los cargadores del centro de carga

Se debe establecer un balance de costo beneficio para asegurar la ganancia a largo plazo con respecto a la inversión de instalación y adquisición de flota.

Tabla 21

Instalación del centro de carga

Equipos	Modelo	No. Unidades	Costo V/U (\$)	Instalación (\$)	Subtotal (\$)
Cargadores eléctricos	EVA080K1 Tipo AC	6	6500	3500	60000
Cuadro secundario	Protecciones	2	1740	40	1780
Estructura metálica	Pórticos de acero A36	6	35	20	330
	Cubierta	-	40	-	40
TOTAL					62150

Tabla 22

Costo total de la electrolinera

INFRESTRUCTURA	Costo Total (\$)
CELDAS DE SECCIONAMIENTO	5980
INFRAESTRUCTURA EN MT Y BT	90947.1
CENTRO DE CARGA	62150
TOTAL	159071.1

Comparativa técnica de buses eléctricos y a diésel

Para los buses eléctricos se debe tener en cuenta también la geografía del lugar (pendientes, estado de vías etc.), como también la demanda de pasajeros a la que se somete la unidad de servicio

Tabla 23*Comparación bus eléctrico y a diésel*

Características	Bus a diésel		Bus eléctrico (K9G)	
Costo Unidad (\$)	125000		400000	
Potencia (HP)	220 – 240		402	
Longitud (mm)	12000		12540	
Capacidad de pasajeros	De pie:	Sentados:	De pie:	Sentados:
	45	35 + chofer	49	31 + 1 chofer
Tipo de freno	Freno neumático doble circuito, tambor		Freno de disco, freno neumático	
Tipo de transmisión	Manual		Automática	
Numero de marchas	6 adelante - marcha atrás		3, delante, neutro y retro	
Aire acondicionado	La mayoría no dispone		SI	
Eficiencia	9 km/galón		0.93km/kwh	
Costo (\$/km)	0.44		0.10	
Costo (\$/día)	40		12.96	
Costo (\$/mes)	1280		388.8	
Emanación CO2	SI		NO	
Características	Bus a diésel		Bus eléctrico (K9G)	
Capacidad de depósito	300 lts.		324kw	
Tiempo de suministro (min)	10		210 (Carga rápida) 420 (Carga lenta)	
Cambio de pastillas en los frenos	Cada 150000 km		Cada 40000 km	
Vida útil	10 años		15 años	

Proyección de ganancias a largo tiempo

Como pudimos observar de la *tabla 23*, el costo para implementar una electrolinera que abastezca a 12 buses eléctricos es aproximadamente 160000\$ (sin contar costo de contrato).

Por lo cual se ha realizado una proyección en base al costo de operación que tiene un bus al mes y el costo de mantenimiento al mes, y así poder determinar a partir de que tiempo se puede lograr recuperar lo invertido y generar ganancia.

Tabla 24

Costo de operación y mantenimiento

COSTO DE OPERACIÓN DEL BUS AL MES			
Bus a diésel	Costo (\$)	Bus eléctrico	Costo (\$)
Electricidad	0.00	Electricidad	780
Pago al ayudante	300	Pago al ayudante	300
Pago al operador	450	Pago al operador	450
Combustible (Diésel)	1982.2	Combustible (Diésel)	0.00
MANTENIMIENTO DEL BUS AL MES			
Bus a diésel		Bus eléctrico	
<i>Componentes y partes</i>	<i>Detalles</i>	<i>Componentes y partes</i>	<i>Detalles</i>
Motor	Cambio aceite, filtro, refrigerante	Motor eléctrico	Convertidor, alternador
Admisión y escape	Tanque de combustible, fugas	Batería	Cambio a los 10 años
Transmisión de potencia	Caja de velocidades	Controladores	Libres de mantenimiento
Sistema de dirección	Caja de dirección	Motoreductores	Cajas de cambio
Sistema de Frenos	Pastillas, sistema neumático	Sistema de frenos	Inspección de pastillas
Suspensión	Amortiguadores, muelles, boyas	Sistema de suspensión	Amortiguadores, bujes, barras
Sistema eléctrico	Luces, tablero de instrumentos	Sistema eléctrico	Panel de control, iluminación

MANTENIMIENTO DEL BUS AL MES			
Bus a diésel		Bus eléctrico	
Neumáticos	Llantas	Neumáticos	Llantas
Costo mantenimiento	1280\$	Costo mantenimiento	555\$
Consumo del tanque (%) para ruta (340km)	47.68%	Consumo de la batería (%) para la ruta (340km)	97.6%
Costos de operación y mantenimiento al día (\$)	133.74\$	Costos de operación y mantenimiento al día (\$)	69.5\$
Costos de operación y mantenimiento total al mes (\$)	4012.2\$	Costos de operación y mantenimiento total al mes (\$)	2085\$

“A diario, en promedio, un bus transporta 850 pasajeros y de estos el 20% son escolares”, (El Comercio, 2014). Según estos datos, con el valor de 0.35 ctvs., la tarifa del pasaje, se consideraría un ingreso de total de un bus al día es 267.75\$.

Tabla 25

Comparación de ingresos y gastos para operar un bus eléctrico

	INVERSION INICIAL	INGRESOS DE OPERACIÓN		GASTOS DE OPERACIÓN	
		Al día	Al mes	Al día	Al mes
Adquisición de 12 buses	4,8 millones (\$)				
Implementación del centro carga (+ costos de mano de obra y mantenimiento)	200 mil (\$)	267.75 (\$)	8032.5 (\$)	69.5\$	2085\$
TOTAL	5'000'000 (\$)				

Nota. Para el balance de gastos de operación, se tomó en cuenta el consumo de energía del bus que cubre la ruta más larga en Km en un día (Carcelén – Oyacoto - 340km)

Tabla 26*Ganancia mensual y diaria*

GANANCIA REMANENTE BUS ELECTRICO			
Porcentaje		Dinero	
Al día/mes	Al día	Al mes	Al año
+74.04%	198.25 (\$)	5947.5 (\$)	71370 (\$)

GANANCIA REMANENTE BUS A DIESEL			
Porcentaje		Dinero	
Al día/mes	Al día	Al mes	Al año
+49.9%	134.01 (\$)	3930.3 (\$)	47163.6 (\$)

Nota. En la ganancia se está descontado los costos de operación, además se debe considerar que equivale a un trabajo diario de más de 16h todos los días a la semana, durante los 365 días al año, esto quiere decir que, se puede reducir la ganancia cuando el vehículo no se encuentra operando por revisiones, mantenimientos u otros similares.

Recuperación de la inversión

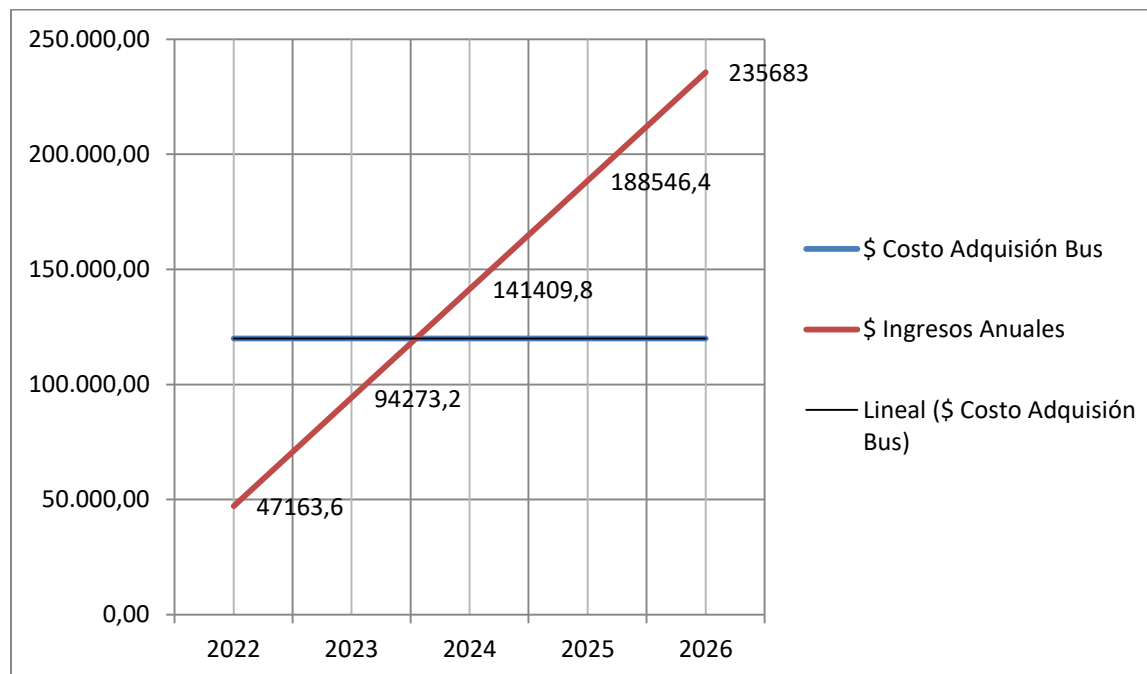
En base al costo de operatividad de cada bus se puede determinar el tiempo en que se puede recuperar el dinero invertido en la adquisición del bus.

Compra de Bus a diésel**Figura 55***BUS TIPO MIRAL QUANTUM HINO AK*

Nota. Tomado de (VISTA BUS, 2017)

Figura 56

Proyección de recuperación de la inversión para un bus a diésel



Nota. Como se puede observar en la gráfica el año en donde se espera la recuperación de la inversión es a mediados de 2023, eso nos da un tiempo de 1 año 7 meses aproximado (a partir del inicio de 2022)

Compra de Bus eléctrico

Figura 57

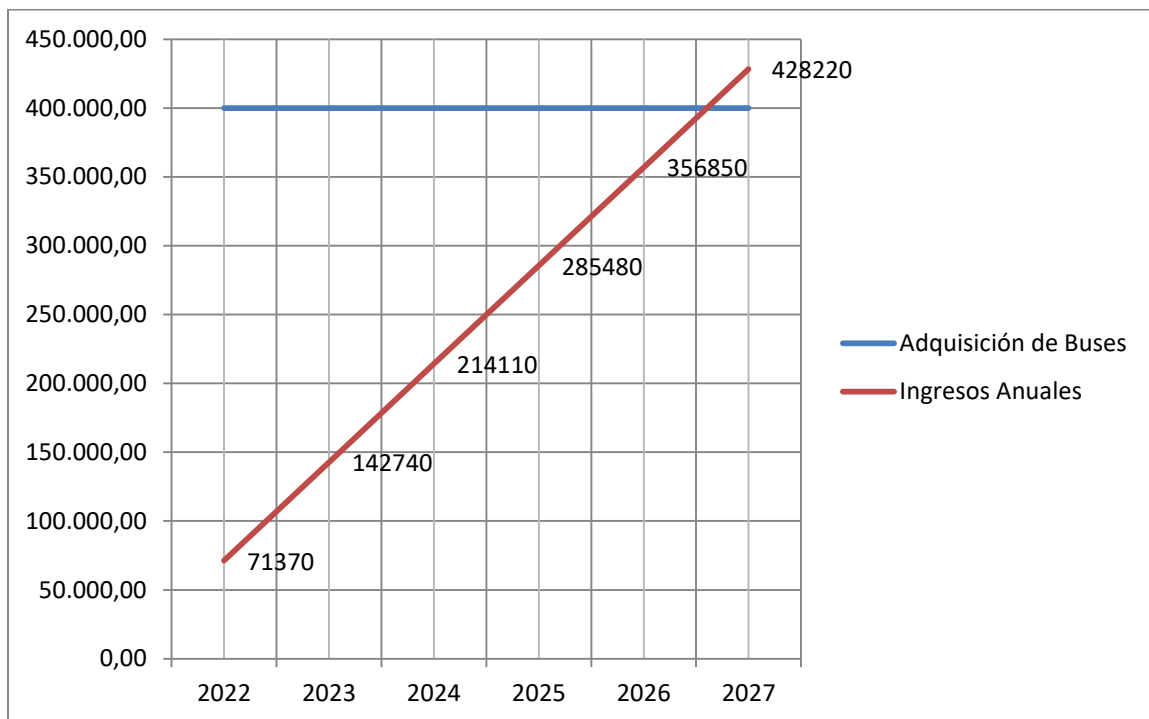
Bus Eléctrico BYD K9G



Nota. Tomado de (Varus, 2022)

Figura 58

Proyección de recuperación de la inversión para un bus eléctrico



Nota. Para este caso, a partir de la gráfica el año en donde se espera la recuperación de la inversión es a mediados de 2026, eso nos da un tiempo de 4 años 6 meses aproximado (a partir de inicios de 2022)

Inversión en el centro de carga

Figura 59

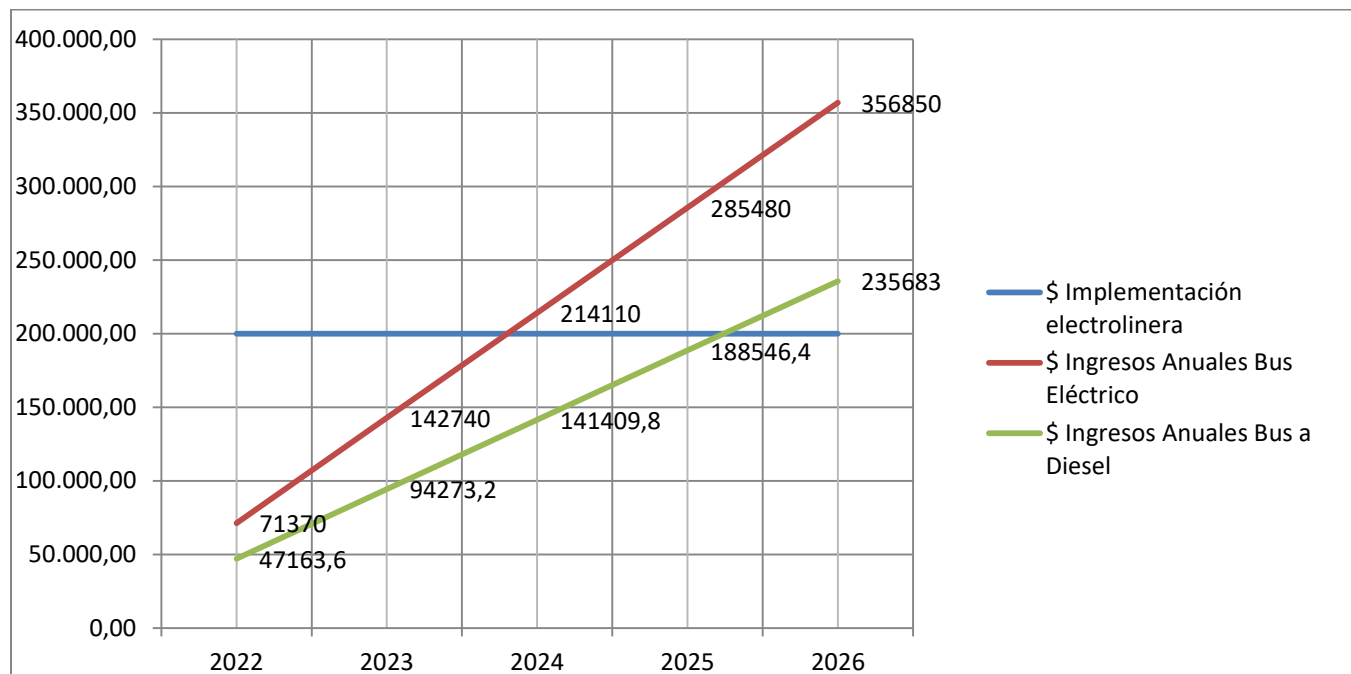
Dimensionamiento de una electrolinera



Nota. Tomado de (Periódico D'Una, 2018)

Figura 60

Estimación de recuperación de la inversión para la electrolinera



Nota. En el grafico se compara el costo de la adquisición de los buses eléctrico y a diésel; y el costo de la implementación del centro de carga en relación a las ganancias obtenidas de la tabla 25

Capítulo IV

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- De acuerdo al plan de rutas que tienen las empresas de buses en el terminal, el recorrido más largo en Km al día efectuada por un bus es de 340km, demandando 316.2 kWh/día y gastando el 97% de la capacidad de su batería, lo que hace factible la operación del autobús eléctrico para dicha ruta, teniendo en consideración la recarga nocturna del mismo en un tiempo máximo de 8 horas.
- Considerando que el terminal tiene disponibilidad para operar 25 buses al día, y el centro de carga tiene una capacidad máxima de 12 buses, para lograr la operatividad de las unidades eléctricas se propone una nueva gestión en el estructuramiento de rutas, en donde los turnos y frecuencias de los buses sean despachadas alternadamente (buses eléctricos/buses a diésel), para que así los 12 buses eléctricos no tengan demasiada demanda energética y además se puedan cargar correctamente al mismo tiempo.
- Para cubrir la demanda energética de la flota de buses se deben utilizar dos transformadores tipo pedestal con una capacidad 300kVA cada uno, que cuente con celdas de seccionamiento y sus respectivas protecciones.
- La carga de los buses para estas electrolineras será a 80kw. Cada cargador tendrá dos conectores, EN TOTAL será 6 cargadores con dos conectores del tipo MENNEKES con una potencia de 40kw cada uno.
- Mediante este estudio se identificó varias ventajas para el uso del transporte eléctrico, una de ellas se plasma en el costo de operación y mantenimiento de las unidades, ya que estas se reducen hasta un 74% (según la tabla 26) frente a la tecnología diésel de los buses tradicionales.

- Según el estudio de factibilidad realizado, el tiempo para reponer el costo de la compra de un autobús eléctrico es mayor con respecto a uno a diésel (4 años y medio), ya que la inversión demanda mucho dinero, sin embargo, es factible debido a que el tiempo de vida útil del bus eléctrico es de 15 años.
- Para la recuperación del capital invertido en la implementación de la electrolinera se tomará aproximadamente 2 años 9 meses; será en menor tiempo que un bus a diésel, debido al bajo costo de operatividad y mantenimiento que este tiene, de acuerdo a la gráfica de la figura 60 y la tabla 24

Recomendaciones

- Con respecto a la carga de los buses se recomienda cargar el bus a unos 80kw y 100kw, debido a que la regeneración de las baterías aumenta al usar mucha potencia en su carga, aminorando el tiempo de vida útil.
- Se debe inculcar a los conductores de buenas técnicas de manejo para los buses eléctricos, ya que es primordial la autonomía que estos automotores llegan a tener de acuerdo a la conducción de los choferes.
- Es trascendental que las autoridades escojan o definan un estándar nacional ecuatoriano de cargadores (CHAdeMO, CCS, Supercharger, GB/T), ya que es más fácil que las empresas instalen las electrolineras en todo el país con la normalización de un solo tipo de cargador.

Bibliografía

330ohms. (2021, 31 enero). *¿Qué diferencias hay entre una Li-Po y una Li-Ion?*

<https://blog.330ohms.com/2020/06/22/que-diferencias-hay-entre-una-li-po-y-una-li-ion/>

Acelerando Ecuador. (2020, 16 diciembre). *Grupo Mavesa pone a prueba un bus Skywell eléctrico en Quito.* [acelerando.ec](https://www.acelerando.com.ec).

<https://www.acelerando.com.ec/transporte/2020/12/16/grupo-mavesa-pone-a-prueba-un-bus-electrico-en-quito/#:%7E:text=El%20bus%20Skywell%20est%C3%A1%20dotado,en%20el%20interior%20del%20bus>

ACIMCO. (2022). *Cubierta Metálica SuperTecho* [Fotografía]. Productos Tienda.

<https://www.acimco.com/product/supertecho-acimco/>

Alvear, W. (2019, 16 abril). *Diseño del sistema eléctrico en baja tensión para estaciones de carga de autobuses eléctricos.* Library. <https://1library.co/document/y96pw4jy-diseno-sistema-electrico-tension-estaciones-carga-autobuses-electricos.html>

Amarilla, J. M. (2011). *Baterías recargables avanzadas para vehículos eléctricos.* En Guía del Vehículo Eléctrico (págs. 130-138). Madrid.

Antia, P. (2019, 1 marzo). *RA8 015 Instalación del transformador tipo pedestal (pad mounted).*

https://www.academia.edu/38464231/RA8_015_Instalaci%C3%B3n_del_transformador_tipo_pedestal_pad_mounted_

A. Pesantes, *Convertidor de potencia pseudoparcial sin transformador para estaciones de carga rápida de vehículos eléctricos*, Valparaíso: Universidad Técnica Federico Santa María, 2019.

Araceli. (2017, 5 noviembre). *Baterías de Plomo - Ácido.*

<https://www.syscomblog.com/2017/10/baterias-de-plomo-acido.html>

ARCONE. (2019, 15 diciembre). *PROYECTO DE REGULACIÓN SOBRE CONTRATO DE SUMINISTRO PARA LA COMERCIALIZACIÓN DE ENERGÍA A ESTACIONES DE CARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS*. Regulación eléctrica.

https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/12/19_12_13_Inf-Sust_VE-V4-vf-susc.pdf

AREATECNOLOGIA. (2014). *Centro de Transformación Partes Aparamenta Tipos Celdas*.

<https://areatecnologia.com/electricidad/centro-de-transformacion.html>

Ávila, P. (2020). *7 consecuencias de un mal sistema de puesta a tierra*. elvatron.

<https://www1.elvatron.com/equipos-de-puesta-a-tierra-y-aislamiento/7-consecuencias-de-un-mal-sistema-de-puesta-a-tierra>

Berríos, T. (2019, 3 septiembre). *El bus BYD K9FE* [Fotografía]. Flota de buses eléctricos BYD Chile.

Borroso, J. & Abata, S. (2021, 19 febrero). *NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN – PARTE A GUÍA PARA DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN*. Empresa Eléctrica Quito.

http://www.eeq.com.ec:8080/documents/10180/36483266/a3%29_Normas_para_sistemas_de_Distribuci%C3%B3n_Parte_A/a3c2a836-c704-4e0a-957c-53ef736c3bd9

Buses eléctricos, a prueba en Quito. (s. f.). Últimas Noticias. Recuperado 19 de octubre de 2022, de <https://www.ultimasnoticias.ec/las-ultimas/buseselectricos-pruebas-quito-transporte-operadoras.html>

BYD. (2021). *Bus Eléctrico K9G – BYD Eléctrico Ecuador*. byd eléctrico.

<https://bydelectrico.com/ec/portfolio/bus-electrico-k9g/>

BYD E-MOTORS ECUADOR. (2018). *K9 – BYD Eléctrico Ecuador*.

<https://bydelectrico.com/ec/category/k9/>

CABLE TTU COBRE. (2021). Prysmian Group.

<https://latam.prysmiangroup.com/en/node/21241>

CET INDURA y SOCAPSA. (s. f.). *IDENTIFIQUE LOS ESTRATOS* [Fotografía]. Diseñe una Malla a Tierra en 7 pasos: Información para Técnicos, Ingenieros y profesionales del ámbito eléctrico. <https://electricistas.cl/disene-una-malla-a-tierra-en-7-pasos-informacion-para-tecnicos-ingenieros-y-profesionales-del-ambito-electrico/>

CHAdEMO Association. (2010, 12 marzo). *General Outline of «CHAdEMO Association»*. Tepco. https://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/betu10_e/images/100315e1.pdf

CHALLENGE INDUSTRIAL CO. (s. f.). *AEVQC-U2 series - Cargador de baterías de pie by CHALLENGE INDUSTRIAL CO., Ltd | DirectIndustry*. Direct Industry. Recuperado 28 de julio de 2022, de <https://www.directindustry.es/prod/challenge-industrial-co-ltd/product-244032-2464396.html>

COBA. (2020). *Pilas secundarias recargables (acumuladores)*. Baeck GmbH & Co. KG.

<https://www.coba.de/es/categorias-de-productos/pilas-recargables.html#:~:text=La%20pila%20secundaria%20o%20el,dos%20semanas%20C%20dependiendo%20del%20uso.>

colaboradores de Wikipedia. (2022, 7 mayo). *Freno regenerativo*. Wikipedia, la enciclopedia libre.

https://es.wikipedia.org/wiki/Freno_regenerativo#:~:text=Un%20freno%20regenerativo%20o%20KERS,almacenada%20para%20un%20uso%20futuro.

Concepto. (s. f.). *Batería - Concepto, tipos de baterías y cómo funcionan*. Recuperado 27 de julio de 2022, de <https://concepto.de/bateria/>

Conectores para la recarga del vehículo eléctrico. (s. f.). Electromovilidad.

<http://electromovilidad.net/conectores-para-la-recarga-del-vehiculo-electrico/>

DISPOSTES. (2020). POSTES CIRCULARES DE HORMIGÓN ARMADO. *CATÁLOGO DE PRODUCTOS, 04*.

ECUATRAN. (2016, 23 mayo). *Transformador de Reparación* [Fotografía].

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN MONOFÁSICOS - TRIFÁSICOS.

<https://www.ecuatran.com/es/transformadores/#cbp=http://www.ecuatran.com/portafolio/transformador-de-reparacion/>

El Comercio. (2021, 11 marzo). En el Centro de Quito se promoverá el servicio con buses eléctricos. *El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/centro-quito-servicio-buses-electricos.html>

ELECOM Beyond Expectation. (2021, 1 junio). *Tủ RM6 Schneider - tủ điện trung thế 24kV*.

<https://thietbidienelecom.vn/tin-tuc/bai-viet/tu-rm6-schneider-tu-dien-trung-the-24kv>

ELECTROMAPS. (2022). *Listado de puntos de recarga en Ecuador*. Electromaps.

<https://www.electromaps.com/puntos-de-recarga/ecuador>

Electromovilidad. (2018). *Modos de recarga del vehículo eléctrico*.

<http://electromovilidad.net/modos-de-recarga-del-vehiculo-electrico/>

Empresa de Transporte de Pasajeros Quito. (2022, 1 septiembre). *Conoce nuestras rutas Alimentadoras desde la TERMINAL CARCELÉN*. Facebook.

<https://www.facebook.com/transportequito/photos/a.837903982944233/5559033264164591/>

En Guayaquil estará la primera estación de electrolinerías - Periódico D'Una. (2018, 3 octubre).

Periódico D'Una. <https://deunanoticias.com/guayaquil-ectrolineras-bus-electrico/>

Euroinnova. (2020). *¿CUÁLES SON LOS 3 TIPOS DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL?*

<https://www.euroinnova.ec/cuales-son-los-3-tipos-de-mantenimiento-industrial>

EXTRUAL. (2017). *Ventajas e inconvenientes de las baterías Aluminio-Aire* - EXTRUAL.

<http://www.extrual.com/es/noticias/son-las-baterias-aluminio-aire-el-futuro>

- Futureenergy. (2022, 1 abril). *autobuses eléctricos*. FuturEnergy: Revista técnica bilingüe de energía. <https://futureenergyweb.es/tag/autobuses-electricos/>
- García, G. (2021, 23 agosto). *Estos son los siete principales proveedores de baterías para coches eléctricos*. Híbridos y Eléctricos. <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/sector/principales-proveedores-baterias-coches-electricos/20210802224032047591.html>
- García, G. (2022, 2 abril). *Las baterías LFP pueden acelerar el final de las baterías de litio ricas en níquel (NCM)*. Híbridos y Eléctricos. <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/tecnologia/baterias-lfp-pueden-acelerar-final-baterias-litio-ricas-niquel-ncm/20220401134905056320.html>
- Gerin, M. (2001, 14 mayo). *celda compacta RM6 de 24 kV* [Fotografía]. Centro de maniobra compacto 24 kV Serie ECS-24. <http://instrum.elec.free.fr/INSTRUM/SCHNEIDER/EcoCet%204.3/Catalogos/ECS%2024.pdf>
- Guasch, J. (2008, 10 enero). *NTP 104: Baterías de Ni-Cd. Uso y mantenimiento*. insst.es. https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_104.pdf/9f51800b-4e02-400d-92c4-0e55d6221f4a?version=1.0&t=1617977284728
- Hisour. (s. f.). *Autobús eléctrico – HiSoUR Arte Cultura Historia*. Hisour Arte Cultura Historia. Recuperado 22 de julio de 2022, de <https://www.hisour.com/es/electric-bus-40000/>
- Ingeniería en la Red. (2016, 25 noviembre). *El primer punto de carga ultrarrápida por pantógrafo para autobuses eléctricos se instala en España*. Blog de Ingeniería Civil & Prontuario. <https://ingenieriaenlared.wordpress.com/2016/11/25/el-primer-punto-de-carga-ultrarrapida-por-pantografo-para-autobuses-electricos-se-instala-en-espana/>
- Interruptor automático*. (2016, 19 septiembre). [Fotografía]. FICHA TÉCNICA CELDA TIPO: DM1C Rev. 09/2013. <https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/ef2685d1-24a9->

443e-af42-

5175b8267b2a/DOC20180925183312SM6+F+TECNICAS+DM1C.pdf?MOD=AJPERES

Jones, S. (2016, 14 septiembre). *Europe's biggest all electric fleet*. Bus & Coach Buyer.

<https://www.busandcoachbuyer.com/europes-biggest-electric-fleet/>

Lara, G. (2013, 5 febrero). *Cómo funciona una batería*. Motorpasión.

<https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/como-funciona-una-bateria>

LugEnergy. (2022, 20 abril). *¿Qué es una electrolinera?* Lugenergy | Soluciones para la recarga

coches eléctricos. <https://www.lugenergy.com/electrolineras/>

Made-in-China. (2022). *Hici China Fabricante Pantógrafo Cargador de autobuses HPC*

Pantógrafo carga de la cabeza. Made-in-China.com. [https://es.made-in-](https://es.made-in-china.com/co_hiconics-zn/product_Hici-China-Manufacturer-Pantograph-Bus-Charger-Hpc-Pantograph-Overhead-Charging_uogihouieg.html)

[china.com/co_hiconics-zn/product_Hici-China-Manufacturer-Pantograph-Bus-Charger-Hpc-Pantograph-Overhead-Charging_uogihouieg.html](https://es.made-in-china.com/co_hiconics-zn/product_Hici-China-Manufacturer-Pantograph-Bus-Charger-Hpc-Pantograph-Overhead-Charging_uogihouieg.html)

Made-in-China.com. (2022). *[Hot Item] Powerstart ion de litio de 12V Batería de arranque*

2.5ah 5Ah 10Ah. https://es.made-in-china.com/co_jinwobattery/product_Powerstart-12V-Lithium-Ion-Starter-Battery-2-5ah-5ah-10ah_roogsgiog.html

matmax. (2022). *SCHNEIDER ELECTRIC - Ref. SM62EIM41M0* [Fotografía]. Celda de

interruptor automático SM6 IM 24kV 400A 16kA MOT. <https://www.matmax.es/media-y-alta-tension-lineas-aereas/productos/schneider-electric/sm62eim41m0-celda-de-interruptor-automatico-sm6-im-24kv-400a-16ka-mot-0017019874>

Matmax, M. (2022). *SCHNEIDER ELECTRIC - Ref. SM62EGBC2CT41* [Fotografía]. Celda de

interruptor automático SM6 GBC2C 24kV 400A 16kA. <https://www.matmax.es/media-y-alta-tension-lineas-aereas/productos/schneider-electric/sm62egbc2ct41-celda-de-interruptor-automatico-sm6-gbc2c-24kv-400a-16ka-0017019770>

Mecánica En Acción. (2022, 17 marzo). □ *CARACTERISTICAS BUS ELECTRICO B y D*

[Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=rwVXmGJSdS0>

- Moreno, A. (2007, 15 agosto). *Baterías Zebra*. Vehiculos Verdes.
<https://vehiculosverdes.com/opiniones-y-criticas/baterias-zebra/gmx-niv20-con48.htm>
- MovEnMadrid, A. (2021, 16 marzo). *EMT presenta la primera línea eléctrica con carga por inducción*. MovEnMadrid. <https://movenmadrid.wordpress.com/2017/12/29/emt-presenta-la-primera-linea-electrica-con-carga-por-induccion/>
- Movilidad, P. (2020, 4 diciembre). *Copec Voltex inaugura la electroterminal más grande del mundo fuera de China - Portal Movilidad: Noticias*. Portal Movilidad: Noticias sobre vehículos eléctricos. <https://portalmovilidad.com/copec-voltex-inaugura-la-electroterminal-mas-grande-del-mundo-fuera-de-china/>
- Narea, W. (2019a, marzo 13). *Buses eléctricos sirven en norte y centro de Guayaquil a 35 centavos de dólar*. El Universo.
<https://www.eluniverso.com/guayaquil/2019/03/13/nota/7230185/buses-electricos-trasladan-norte-centro-035/>
- Narea, W. (2019b, marzo 25). *12 buses eléctricos de Guayaquil recargan energía gratuita para rodar*. <https://www.eluniverso.com/guayaquil/2019/03/24/nota/7250819/12-buses-electricos-recargan-energia-gratuita-rodar/>
- Navarro, D. (2015, 24 febrero). *Baterías de aluminio-aire: recargadas con agua salada*. Autofacil.es. <https://www.autofacil.es/tecnologia/baterias-aluminio-aire-recargadas-agua-salada/88046.html>
- Noya, C. (2022, 5 abril). *La sociedad pública de transporte de la Región Flamenca de Bélgica compra 1.250 autobuses eléctricos*. forococheselectricos.
<https://forococheselectricos.com/2022/04/region-flamenca-belgica-compra-1250-autobuses-electricos.html>
- Outdoor, A. (2022). *Batería Litio Ferrofosfato LiFePo4 12V*. Algatec Outdoor.
https://www.algatecoutdoor.com/es/bateria_litio_ferrofosfato_lifep04_12v_60ah.php

Portal Movilidad. (2020, 4 diciembre). *Copec Voltex inaugura la electroterminal más grande del mundo fuera de China - Portal Movilidad: Noticias*. Portal Movilidad: Noticias sobre vehículos eléctricos. <https://portalmovilidad.com/copec-voltex-inaugura-la-electroterminal-mas-grande-del-mundo-fuera-de-china/>

Redacción: Varus. (2022a, enero 28). *Buses urbanos eléctricos en Ecuador*. VARUS. <https://varusecuador.com/buses-electricos-ecuador/>

Redacción: Varus. (2022b, febrero 12). *Electrolíneas*. VARUS. <https://varusecuador.com/electrolineras/>

Reve. (2009, 8 junio). *Las baterías Zebra, otra alternativa para los vehículos eléctricos | REVE News of the wind sector in Spain and in the world*. <https://www.evwind.es/2009/06/08/las-baterias-zebra-otra-alternativa-para-los-vehiculos-electricos/442>

Revista CESVIMAP. (2019, 1 marzo). *Autobuses híbrido-eléctricos*. Revista CEVISMAR. <https://www.revistacesvimap.com/autobuses-hibrido-electricos/#:~:text=En%20los%20h%C3%ADbridos%20en%20serie,con%20lo%20que%20siempre%20tendr%C3%A1n>

SABIK MARINE. (2022). *Baterías de Ni-Cd Sunica*. sabikmarine. <https://marine.sabik.com/es/marine-signals-3/sunica-batteries-detail>

Schneider Electric México. (2020). *Tablero de distribución SM6*. <https://www.se.com/mx/es/product-range/970-sm6-24-kv/?parent-subcategory-id=87899#overview>

SolarPlak. (2020, 21 diciembre). *Cómo funcionan las baterías de plomo ácido*. Blog de energía solar. <https://solarplak.es/energia/como-funcionan-las-baterias-de-plomo-acido/>

Terminal Terrestre Norte. (1d. C.). Google Maps. <https://earth.google.com/web/search/Terminal+Carcelen,+Quito/@-0.10056847,->

78.47023554,2825.90992232a,182.1259253d,35y,38.7564813h,3.50410706t,-
0r/data=CigiJgokCZ2AuMK47e2_EWUKStQIO_C_GZyHhqdoovPAIR1Rbbn5qIPA

Tipos de transformadores eléctricos. (2020, 27 julio). RELSAMEX.

<https://www.relsamex.com/tipos-de-trasformadores-electricos/>

Top Cable. (2020, 22 diciembre). *Cable de Media Tensión X-VOLT RHZ1 AL OL 2OL.*

<https://www.topcable.com/es/cables-de-media-tension/rhz1/x-volt-rhz1-al-ol-2ol/>

Últimas Noticias. (2018, 19 julio). *Buses eléctricos, a prueba en Quito.*

<https://www.ultimasnoticias.ec/las-ultimas/buseselectricos-pruebas-quito-transporte-operadoras.html>

User, S. (s. f.). *Terminal Carcelén de Quito - Teléfonos, horarios, pasajes.* Buses ecuador.

Recuperado 20 de octubre de 2022, de <https://www.ecuadorbus.com.ec/terminal-carcelen-de-quito>

V. Macarós, *Instalaciones generadoras fotovoltaicas.* Un cambio hacia la sostenibilidad, Madrid: Paraninfo, 2015.

VARUS. (2021, 4 septiembre). *Conoce la electrolinera más grande del Ecuador* [Fotografía].

Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=tFDTC5pQ7cc>

VISTA BUS. (2017, 22 diciembre). *BUS TIPO VENCEDORES (1556) MIRAL QUANTUM HINO*

AK. Facebook. <https://www.facebook.com/unsupportedbrowser>

Zapata, J. (2021, 4 agosto). *ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MOTRIZ DEL BUS PATRÓN ELÉCTRICO.* CDN.

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2061053/Especificaciones%20T%C3%A9cnicas%20para%20la%20Estandarizaci%C3%B3n%20de%20las%20caracter%C3%ADsticas%20f%C3%ADsicas%20y%20motrices%20del%20Bus%20Patr%C3%B3n%20El%C3%A9ctrico.pdf>

- Paloma Rodríguez, S., & Chacón Guadalix, J. J. (2015). Introducción a las baterías recargables para vehículos eléctricos. En *Guía del Vehículo Eléctrico II* (págs. 123-129). Madrid
- E. Palazuelos, *El oligopolio que domina el sistema eléctrico. Consecuencias para la transición energética*, Madrid: AKAL, 2019.
- H. Barros y L. Ortega, *Análisis y Diseño de la Instalación Eléctrica de una Electrolinera en la Ciudad de Cuenca*, Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, 2018.
- W. Alvear, *Diseño del sistema eléctrico en baja tensión para estaciones de carga de autobuses eléctricos*, Cuenca. UNIVERSIDAD DE CUENCA, 2019
- G. Cueva, *Análisis de factibilidad de implementación de buses 100% eléctricos (EBuses) para impulsar la movilidad sostenible en el sistema de transporte urbano del Distrito Metropolitano de Quito*, Quito. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2019
- León, J. d. (2013). *Guía del vehículo eléctrico para Castilla y León*. Junta de Castilla y León, Consejería de Economía y Empleo - Ente Regional de Energía de Castilla y León, Dirección General de Industria e Innovación Tecnológica.
- Fredy, A. *Análisis Para La Adecuada Ubicación De Electrolineras De Carga Rápida En La Ciudad De Cuenca*, Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, 2022.
- IEEE2030.1.1, *Especificaciones técnicas estándar de IEEE de un cargador rápido de CC para uso con vehículos eléctricos*, Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, Nueva Jersey, 2015.
- La electrolinera más grande del Ecuador* [Fotografía], por VARUS, 2021, Youtube (<https://www.youtube.com/watch?v=tFDTC5pQ7cc>).

Anexos