



Uleam

UNIVERSIDAD LAICA
ELOY ALFARO DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO INVESTIGATIVO

TÍTULO:

“ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS TÉCNICO, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS DE LA
IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE MOVILIDAD ELÉCTRICA PARA LA
TRANSPORTACIÓN PÚBLICA EN LA CIUDAD DE MANTA”

AUTOR:

INCA VÉLEZ KEVIN FERNANDO

ASESOR ACADÉMICO:

ING. MILTON MOREANO M. Sc.

MANTA – ECUADOR

AGOSTO 2021

“Análisis de los impactos técnico, ambientales y económicos de la implementación de sistemas de movilidad eléctrica para la transportación pública en la ciudad de Manta”

Inca Vélez Kevin Fernando

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí

Facultad de Ingeniería

Carrera de Ingeniería Eléctrica

Nota del autor

Kevin Inca, Facultad de Ingeniería, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Este trabajo cuenta con el asesoramiento del Ing. Milton Moreano, M. Sc., Facultad de Ingeniería, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, vía circunvalación, Manta.

Contacto: e1313839183@live.uleam.edu.ec

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, certifico:


Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, cumpliendo el total de 80 horas, bajo la modalidad de trabajo de investigación, cuyo tema del proyecto es “**ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS TÉCNICO, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE MOVILIDAD ELÉCTRICA PARA LA TRASPORTEACIÓN PUBLICA EN LA CIUDAD DE MANTA**”, el mismo que ha sido desarrollado de acuerdo a los lineamientos internos de la modalidad en mención y en apego al cumplimiento de los requisitos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico, por tal motivo CERTIFICO, que el mencionado proyecto reúne los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometido a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

La autoría del tema desarrollado corresponde al señor Inca Vélez Kevin Fernando, egresado de la carrera de Ingeniería Eléctrica, período académico 2020 (1), quien se encuentra apta para la sustentación de su trabajo de titulación.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 11 de septiembre del 2021.

Lo certifico,



Ing. MILTON MOREANO M. SC.

Docente Tutor
Facultad de Ingeniería

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

La responsabilidad de este proyecto de titulación: ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS TÉCNICO, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE MOVILIDAD ELÉCTRICA PARA LA TRANSPORTACIÓN PÚBLICA EN LA CIUDAD DE MANTA” corresponde exclusivamente a INCA VÉLEZ KEVIN con C.I. 1313839183 y los derechos patrimoniales del mismo a la Universidad Laica “Eloy Alfaro de Manabí

Manta, agosto 2021

EL AUTOR

Inca Vélez Kevin Fernando

C.I: 1313839183

TRABAJO DE TITULACION MODALIDAD PROYECTO INVESTIGATIVO
PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE: INGENIERO ELECTRICO

**“ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS TÉCNICO, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS
DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE MOVILIDAD ELÉCTRICA
PARA LA TRANSPORTACIÓN PÚBLICA EN LA CIUDAD DE MANTA”**

Tribunal examinador que declara APROBADO el grado de INGENIERO ELECTRICO, al
señor: INCA VÉLEZ KEVIN FERNANDO

Ing. Carlos Geovanny Delgado Castro, Mg. _____

Ing. Edwin Bernardo Ponce Minaya, Mg. _____

Ing. Giselle Estefanía Velásquez Figueroa, Mg _____

Manta, agosto 2021

SÍNTESIS

En los últimos años el mundo se ha vuelto más consciente del avance de la tecnología y como la eficiencia del consumo energético nos puede llevar a evolucionar como sociedad sin desperdiciar recursos ni causar una mayor afectación al medio ambiente. En el caso de la movilidad terrestre, los vehículos eléctricos han tenido un gran avance de prestaciones y que, junto a nuevas leyes a su favor en países desarrollados podrían revolucionar el mercado automotriz en esta década.

En Ecuador, según el artículo 413 de la Constitución de la República del año 2008, el gobierno es el responsable en promover la eficiencia energética con el fin de no poner en riesgo a la población y el ecosistema. Por ello, en 2019 se aprobó mediante la Ley Orgánica de Eficiencia Energética que todo vehículo que se adquiriera para el transporte público a partir del 2025 debe ser de medio motriz eléctrico.

Por lo antes mencionado, se realizó un estudio en base a estimaciones de proyecciones de consumo energético del transporte público en la ciudad de Manta, comparando las unidades eléctricas a ingresar con unidades diésel actualmente en funcionamiento y que acabarían siendo reemplazadas hasta el año 2045. El estudio dio como resultado que el cambio hacia la electromovilidad permitirá un consumo 3,56 veces menor de energía y 6,25 veces menos emisiones por cada bus. Se demostró también que, por el consumo eléctrico proyectado para la ciudad, la adaptación de esta tecnología representaría una carga energética considerable al sistema eléctrico, por lo que su implementación debería ser planeada correctamente con el fin de no frenar el desarrollo energético de la ciudad.

PALABRAS CLAVE

Electromovilidad, vehículos eléctricos, consumo energético, transporte público.

ABSTRACT

In recent years the world has become more aware of the advancement of technology and how the efficiency of energy consumption can lead us to evolve as a society without wasting resources or causing a greater impact on the environment. In the case of public transportation, electric vehicles have had a great advance in performance and that, together with new laws in their favor in developed countries could revolutionize the automotive market in this decade.

In Ecuador, according to article 413 of the Constitution of the Republic of 2008, the government is responsible for promoting energy efficiency in order not to put the population and the ecosystem at risk. For this reason, in 2019 it was approved by means of the Organic Law of Energy Efficiency that every vehicle that is acquired for public transport from 2025 must be of an electric drive.

For these reasons, a study was carried out based on estimates of energy consumption projections of public transport in the city of Manta, comparing the electric units to enter with diesel units currently in operation and that would end up being replaced until the year 2045. The study showed that the change towards electromobility will allow a 3,56 times lower energy consumption and 6,25 times less emissions for each bus. It was also shown that, due to the electricity consumption projected for the city, the adaptation of this technology would not represent a considerable energy burden on the electricity system that could slow down its development.

KEYWORDS

Electromobility, electric vehicles, energy consumption, public transport.

Tabla de Contenido

SÍNTESIS	1
ABSTRACT	2
Tabla de Contenido.....	3
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Título.....	11
1.2. Antecedentes	11
1.3. Diseño teórico	12
1.3.1. Problema de investigación.....	12
1.3.2. Justificación.....	12
1.3.3 Objeto de investigación o estudio.....	13
1.3.4 Campo de acción	13
1.3.5 Hipótesis de la investigación	13
1.3.6 Objetivo general	13
1.3.7 Objetivos específicos.....	13
1.3.8 Variables.....	14
1.3.8.1 Variable independiente	14
1.3.9 Tareas de investigación	14
1.4 Metodología de la Investigación.....	15
1.5 Población y muestra.....	16
1.6 Planificación de la investigación	16
1.7 Desarrollo de la investigación.....	18
1.8 Recursos.....	18
CAPÍTULO II: ESTADO DEL ARTE.....	19

2.1	Vehículos eléctricos	19
2.2	Componentes diferenciales de los Vehículos Eléctricos	20
2.2.1	Motor eléctrico	20
2.2.2	Batería para vehículos eléctricos	21
2.2.3	Características de las baterías	22
2.2.4	Controlador (Motor Drive)	23
2.2.5	Niveles, modos y conectores de carga.....	24
2.3	Factores diferenciales de un vehículo eléctrico comparado con uno de combustión interna	35
2.3.1	Precio del vehículo	36
2.3.2	Costo de combustible por eficiencia de motor	37
2.3.3	Mejoras de autonomía de los vehículos eléctricos	39
2.3.4	Disminución de costos en la fabricación de baterías para EVs	40
2.3.5	Costos de mantenimientos	41
2.4	Vehículos eléctricos matriculados a nivel mundial	43
2.5	Políticas más destacables para el desarrollo de la electromovilidad en el transporte público a nivel mundial	44
2.6	Shenzhen, China: La primera ciudad del mundo con transporte público 100% eléctrico	46
CAPÍTULO III: Movilidad Eléctrica para el sistema de transporte público en Manta – Ecuador		50
3.1.	Electromovilidad en el transporte público del Ecuador	50
3.2.	Consumo energético del transporte en Ecuador.....	50
3.3	Emisiones de CO2 por la generación de electricidad del Sistema Nacional Interconectado	51

3.4	Comparativa del consumo energético y emisiones de buses a diésel versus buses eléctricos del transporte público en Ecuador	52
3.5	Vida útil de unidades de transporte publico	56
3.6	Leyes y ordenanzas nacionales a favor de los vehículos eléctricos en Ecuador	56
	• <i>Exoneración tributaria para vehículos eléctricos, baterías, cargadores y servicios de carga</i>	57
3.7	Esquema tarifario para vehículos eléctricos en Ecuador	59
3.8	Cantón Manta – Manabí.....	62
3.9	Demanda de energía eléctrica de Manta en el periodo 2010 – 2020	63
3.10	Proyecciones oficiales de demanda eléctrica para los vehículos eléctricos en Ecuador en el periodo 2018 – 2027	63
3.11	Proyecciones oficiales de demanda eléctrica para la provincia de Manabí	64
3.12	Trasporte Público de Manta	65
3.13	Consumo energético del Trasporte Público de Manta	67
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA.....		68
4.1	Proyección demanda eléctrica de Manabí hasta 2045	68
4.2	Proyección demanda eléctrica de Manta hasta 2045	69
4.3	Proyección del parque automotor de vehículos para el transporte público en Manta hasta el año 2045	70
4.5	Ingreso y salida de Unidades de Transporte Público de Manta 2024 – 2045	75
4.6	Electrolinera: Características técnicas, calculo de cargadores y de demanda	76
4.6.1	Metodología para el cálculo de la cantidad de cargadores.....	77
4.7	Características de la red electrica de dos posibles puntos de electrolineras para los buses eléctricos en la ciudad.....	79
4.8	Demanda energética proyectada de transporte público por autobuses diésel y eléctricos hasta el año 2045	83

4.9	Impacto ambiental de la Implementación de los vehículos eléctricos para el transporte público en la ciudad de Manta.....	84
4.10	Discusión de Resultados.....	86
4.11	Estudio de campo	87
4.11.1	Validación de fiabilidad.....	87
4.12	Resultados obtenidos.....	87
4.13	Conclusión.....	88
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		89
REFERENCIAS		92

Índice de Figuras

Figura 1 Esquema de funcionamiento de un BEV.	20
Figura 2 Motor Eléctrico.	21
Figura 3 Motor controlador ubicado en la parte inferior de un vehículo eléctrico.....	23
Figura 4 Carga de vehículo eléctrico en toma de pared. T	24
Figura 5 Equipos para carga de Nivel 1.	25
Figura 6 Vehículo conectado a cargador público de nivel 2.	25
Figura 7 Equipos para carga de Nivel 2.	26
Figura 8 Vehículo conectado a cargador público de nivel 3.	27
Figura 9 Equipos para carga de Nivel 3.	27
Figura 10 Modo 1 de carga de vehiculo electrico.	28
Figura 11 Modo 2 de carga de vehiculo electrico	29
Figura 12 Modo 3 de carga de vehiculo electrico.	30
Figura 13 Modo 4 de carga de vehiculo electrico.	31
Figura 14 Resumen de tipos de carga por ubicación.....	33
Figura 15 Regiones de uso de los principales estándares de conectores para vehículos eléctricos.....	34
Figura 16 Tipos de conectores para vehículos eléctricos.	34
Figura 17 Vehículo de combustión frente a vehículo eléctrico.	35
Figura 18 Estimaciones del precio de los vehículos eléctricos durante esta década.	36
Figura 19 Surtidor de gasolina o diésel frente a conector para carga de vehículo eléctrico	38
Figura 20 Autonomías de los diferentes vehículos eléctricos en circulación a nivel mundial	39
Figura 21 Modelo Tesla Model S Plaid+ con autonomía superior a 800 km.....	40
Figura 22 Caída de costo de manufacturación de baterías para BEVs.....	41

Figura 23	– Tiempo de Mantenimiento de vehículo eléctrico vs vehículo de combustión.	42
Figura 24	Comparativa de costo de mantenimiento de 3 vehículos de combustión y 1 vehículo eléctrico por km.	43
Figura 25	Países con mayor número de matriculaciones de vehículos eléctricos	44
Figura 26	Proceso de electrificación de la flota de buses de SZBG.	48
Figura 27	Comparación de TCO de bus diésel, eléctrico subsidiado y no subsidiado	49
Figura 28	Consumo de energía por sector y fuente	51
Figura 29	Participación porcentual de Parque Generador del SNI.	51
Figura 30	Consumo de diésel por tipo de vehículo.	54
Figura 31	Representación de conexión de medidor adicional en vivida para carga de vehículo eléctrico en bajo voltaje.	61
Figura 32	Representación de conexión de medidor para una electrolinera	61
Figura 33	Mapa del del Cantón Manta y sus alrededores.	62
Figura 34	Consumo eléctrico de Manta en GWh en el periodo 2010 – 2020.	63
Figura 35	Unidades de transporte integradas en Manta 2000-2020	66
Figura 36	Requerimiento de energía eléctrica en GWh de Manabí en el periodo 2018-2027,	68
Figura 37	Proyección de requerimiento de energía eléctrica en GWh estimado para Manabí en el periodo 2018-2045.	69
Figura 38	Proyección de requerimiento de energía eléctrica en GWh estimado para Manta en el periodo 2010 – 2020.	69
Figura 39	Proyección de requerimiento de energía eléctrica en GWh estimado para Manta en el periodo 2018-2045.	70
Figura 40.	Unidades de transporte nuevas ingresadas a Manta 2000-2020.	71
Figura 41	Proyección de la Unidades de transporte ingresadas a Manta 2020-2045.	71
Figura 42	Años de recuperación de la inversión por la compra de un bus eléctrico con precio actual.	73

Figura 43 Escenario: Costo por flota, combustible y mantenimientos del Sistema de Transporte Público de Manta.....	74
Figura 44 Proyección de Unidades de Transporte a diésel y eléctricas durante el periodo 2024-2045.....	75
Figura 45 Modelos y características de estaciones de carga rápida.	77
Figura 46 Datos del transformador ubicado en Parque Samanes - Guayaquil para la electrolinera más grande del país.....	79
Figura 47 Datos de red eléctrica a la que se conectada la electrolinera de Guayaquil.	80
Figura 48 Áreas 1 y 2 propuestas en Manta.	80
Figura 49 Lugar propuesto para la implementación de electrolinera 1.	81
Figura 50 Datos de red en el lugar propuesto para la electrolinera 1.	81
Figura 51 Lugar propuesto para la implementación de electrolinera 2.	82
Figura 52 Datos de red en el lugar propuesto para la electrolinera 2.	82
Figura 53 Proyección de consumo energético en GWh de las unidades de transporte público en el periodo de 2020-2045	83
Figura 54 Proyección estimada de consumo de GWh de unidades de transporte eléctrico y el consumo de GWh de la ciudad de Manta en el periodo 2020-2045.....	84
Figura 55. Proyección de emisiones de CO2 por el transporte público en el periodo 2020-2045	85
Figura 56 Proyección de emisiones de CO2 por el transporte público y la ciudad de Manta estimados para en el periodo 2020-2045	86

Índice de tablas

Tabla 1	Características más importantes de la batería para BEVs.	22
Tabla 2	Características de los modos de carga para vehículos eléctricos IEC 62196.	32
Tabla 3	Características técnicas de conectores para vehículos eléctricos existentes.	35
Tabla 4	Estimaciones de emisiones de CO2 generadas por el SNI en 2020.	52
Tabla 5	Factores de consumo energético y de emisiones por transporte a diésel.	53
Tabla 6	Modelos y características de buses eléctricos en el mercado (12 metros).	54
Tabla 7	Factores de consumo energético y de emisiones por transporte eléctrico.	55
Tabla 8	Vida operativa de unidades de transporte.	56
Tabla 9	Tarifas de tributarias para vehículos eléctricos y componentes.	58
Tabla 10	Valores comerciales para la carga de vehículos eléctricos en medio voltaje - Estación de carga rápida.	60
Tabla 11	Valores comerciales para la carga de vehículos eléctricos en bajo voltaje-carga domiciliaria.	60
Tabla 12	Proyección de potencia y demanda eléctrica para electro movilidad en el Estudio de la Demanda Eléctrica del Plan Maestro	64
Tabla 13	Proyecciones de requerimiento eléctrico Potencia (MW) y Energía (GWh) de Manabí en el Estudio de la Demanda Eléctrica del Plan Maestro	65
Tabla 14	Rutas de servicio de las líneas de transporte de Manta.	66
Tabla 15	Consumo de combustible y energía por unidad de transporte diésel y eléctrica.	67
Tabla 16	Estaciones de carga necesarias para el número de unidades eléctricas proyectadas.	78

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Título

“Análisis de los impactos técnico, ambientales y económicos de la implementación de sistemas de movilidad eléctrica para la transportación pública en la ciudad de Manta”

1.2. Antecedentes

Según (Asamblea Nacional República del Ecuador 2019), en el artículo 14 se determina que a partir del año 2025 todos los vehículos que se incorporen al servicio de transporte público urbano e interparroquial, en el Ecuador continental, deberán ser únicamente de medio motor eléctrico.

En Guayaquil los primeros 50 taxis eléctricos se suman a los 20 buses eléctricos de la compañía Saucinc, que ya circulan entre el norte y el centro de la ciudad. También a la primera electrolinería que se instaló a un costado del Parque Samanes, en el norte. Según reporte de (Paredes and Pozo 2020), esta se construyó sobre 5.000 m², tiene 20 cargadores rápidos y una potencia instalada total de 1 megavatio. El lugar tiene capacidad para abastecer a 500 vehículos diarios. La inversión ascendió a USD 600.000 y se construyó en 90 días.

El reemplazo de un taxi de motor a gasolina con un vehículo eléctrico permite que se disminuya en 13,5 Toneladas la emisión de CO₂ por año. Por el análisis del autor (Jaramillo 2019), en la ciudad de Loja, la flota de 51 taxis eléctricos consume en promedio 1,1 GWh al año, que equivale al 1,5% de los 71,94 GWh de energía renovable, que según la Corporación Eléctrica del Ecuador “CELEC EP”, produce el parque Eólico Villonaco ubicado en la ciudad de Loja.

Para la parte de abastecimiento energético para la implementación paulatina del transporte público eléctrico, el Sistema de Transmisión Quevedo - San Gregorio - San Juan de Manta 230 kV permitirá abastecer la demanda de la ciudad de Manta descargando la actual subestación Montecristi 138/69 kV, que opera con una capacidad cercana al 100%. El nuevo transformador trifásico 230/69 kV de 225 MVA será alimentada desde la S/E San Gregorio mediante una línea de transmisión de 230 kV. (Expansión and Transmisión 2018).

1.3. Diseño teórico

1.3.1. Problema de investigación

En Ecuador el transporte eléctrico está siendo implementado de manera lenta en varias ciudades del país a pesar de los beneficios tanto económicos como ambientales que representa el uso de estos vehículos.

El problema por resolver se describe en base a las preguntas por la implementación de vehículos eléctricos para transporte público como: ¿Cuál se estima sería la carga energética adicional que tendría al consumo eléctrico de la ciudad de Manta? ¿Cuál sería el estimado de emisiones que se evitarían generar al ambiente? ¿Es considerablemente más factible realizar el cambio de unidades diésel a eléctricas en un corto periodo con los valores actuales de los buses, mantenimientos y combustible? ¿Qué políticas desarrollan más la electromovilidad y de las cuales se pueden aprender lecciones para la implementación local?

1.3.2. Justificación

Según los datos presentados por diversas fuentes citadas, en varios países desarrollados, la electromovilidad se vuelve cada día más importante en la vida de sus habitantes y, sumado a esto, el interés global por evitar que la contaminación ambiental termine perjudicando la existencia de todo ser vivo, hace que el cambio de tecnología en la transportación tenga aún más relevancia.

Sin duda el impacto técnico, ambiental y económico que se da por causa de la transición de los vehículos de combustión interna a vehículos eléctricos es un tema que debe ser investigado y tratado correspondientemente, de tal manera que el cambio no presente un inconveniente en el desarrollo energético de la sociedad.

A la fecha no existen estudios de ningún tipo realizados para la ciudad de Manta en los que se proyecten datos para un análisis por el uso del transporte público con vehículos eléctricos, un cambio que dentro de pocos años empezará a dar efecto en el país iniciando por el transporte público.

1.3.3 Objeto de investigación o estudio

Se propone realizar el análisis técnico, económico y ambiental de proyecciones de cambio de vehículos de combustión por vehículos eléctricos con base en función del número de unidades existentes, rutas de servicio, registros de adquisición y renovación de las diferentes flotas de transporte que existen para el transporte público de la ciudad de Manta, y en base al artículo 14 de la Ley Orgánica De Eficiencia Energética(Asamblea Nacional República del Ecuador 2019) publicada en marzo del 2019 en Quito-Ecuador que dispone realizar solamente la adquisición de vehículos 100% eléctricos para el transporte público del país.

El análisis de normas y leyes internacionales también esta propuesto para determinar bases para el diseño técnicos de sistemas de carga y adquisición de las mejores tecnologías de vehículos eléctricos.

1.3.4 Campo de acción

El campo de acción está enfocado la revisión de datos y estudios previos que permitirán obtener una proyección del impacto técnico, ambiental y económico por el uso de vehículos 100% eléctricos para el transporte público.

1.3.5 Hipótesis de la investigación

El estudio investigativo permitirá tener una visión proyectada de los impactos técnicos, ambientales y económicos por la transición al transporte público con vehículos eléctricos en la ciudad de Manta, lo cual sería un aporte para tener en consideración para futuros estudios que se realicen al respecto.

1.3.6 Objetivo general

Analizar de manera técnica, estadística y bibliográfica de los posibles impactos técnicos ambientales y económicos por la adopción del transporte público con vehículos eléctrico en la ciudad de Manta.

1.3.7 Objetivos específicos

- Estimar las proyecciones y escenarios en relación con el número de vehículos de combustión que se intercambien por eléctricos, en función del número de unidades existentes, rutas de servicio, registros de adquisición y renovación, entre otros.

- Estudiar los indicadores proyectados relacionados a los impactos técnicos, económicos y medioambientales de la integración de los vehículos eléctricos para el transporte público en la ciudad de Manta.
- Revisar las normativas, procedimientos y reglamentación para el impulso del transporte público eléctrico en varios países y ciudades del mundo para poder establecer cuáles serían las mejores estrategias que pueden utilizarse para el beneficio de la ciudad de Manta.

1.3.8 Variables

1.3.8.1 Variable independiente

- Costo de energía eléctrica
- Costo de combustible
- Unidades para el transporte público

1.3.8.2 Variable dependiente

- Costo de adquisición y uso de vehículo eléctrico
- Niveles de contaminación por uso del transporte público
- Consumo de energía del transporte público

1.3.9 Tareas de investigación

Tarea 1: Analizar el estado del arte del objeto y campo de investigación.

Tarea 2: Definir los fundamentos teóricos de la investigación.

Tarea 3: Diagnosticar la situación actual del objeto y campo de investigación (opcional)

Tarea 4: Establecer la propuesta

Tarea 5: Aplicar la propuesta

Tarea 6: Evaluar los resultados

1.4 Metodología de la Investigación

Para el desarrollo del presente trabajo se pretende utilizar una investigación de tipo cuantitativa, pues se realizará una comparación de datos recogidos mediante instrumentos de recolección de información.

La metodología empleada corresponde al tipo analítica, propositiva, bibliográfica y de campo; con la finalidad de levantar información referente al tema de estudio para posterior a su análisis presentar una propuesta acertada a la problemática ubicada.

Analítica: considera como el método de investigación que consiste en la separación de un todo en sus partes o elementos, con la finalidad de observar las causas, naturaleza y efectos. Parte de la observación y evaluación de un hecho particular.

Propositiva: proceso que utiliza un conjunto de técnicas y procedimientos el objetivo de diagnosticar y resolver problemas fundamentales en base a respuestas de preguntas científicamente preparadas. Crea conocimiento científico a partir de la relación entre factores y acontecimientos

Bibliográfica: es el conjunto de técnicas y estrategias que se emplean para localizar, identificar y acceder a aquellos documentos que contienen la información pertinente para la investigación.

De campo: Es un método de recolección de datos cualitativos encaminado a comprender, observar e interactuar con las personas en su entorno natural. Recopila datos nuevos de fuentes primarias para un propósito específico.

El presente trabajo se fundamenta en la recolección y análisis de información mediante revisión bibliográfica de los elementos que intervienen en la implementación y uso de sistemas de movilidad, así como el impacto técnico, ambiental y económico unidos al mismo; para la determinación y justificación de estos últimos se realizará una proyección mediante software estadístico que permita acercarnos a la realidad explicada.

Para alcanzar los objetivos propuestos se aplicaron herramientas vinculadas al problema, tales como:

Observación: empleada para examinar la realidad social sobre la que se mueve el uso de vehículos eléctricos.

Recopilación de documentos y archivos: realiza un análisis documental y de contenidos bibliográficos y estadísticos que fundamenten la investigación. En este trabajo de investigación tienen cabida las bases de datos electrónicos.

1.5 Población y muestra

La población en el presente estudio corresponde a los vehículos eléctricos existentes en el cantón Manta. Para la muestra se tomaron datos de la empresa FETUM que es la empresa encargada de tomar registro y control del transporte público de Manta, obteniendo la siguiente información:

De 2000 a 2020 al cantón Manta han ingresado 181 unidades de movilidad cuyo funcionamiento es por diésel, mientras que el ingreso de vehículos eléctricos ha sido nulo hasta el momento que se desarrolló esta investigación.

1.6 Planificación de la investigación

Para llevar a cabo la presente investigación se sigue la siguiente planificación.

Selección del tema: “Análisis de los impactos técnico, ambientales y económicos de la implementación de sistemas de movilidad eléctrica para la transportación pública en la ciudad de Manta”

Recopilación de información: Utilizando fuentes bibliográficas, como libros, publicaciones, artículos técnicos y demás fuentes de información primarias y secundarias se identificaron términos y definiciones correspondientes a un mejor entendimiento del trabajo a realizar.

Tabulación de datos: según datos recogidos de la empresa FETUM se definió la flota vehicular eléctrica existente en el cantón Manta. En función de esta se define la población y muestra. Para el transporte eléctrico debe considerarse que las empresas eléctricas encargadas de colocar vehículos eléctricos en uso solo mantienen control de las regulaciones técnicas mas no de su desarrollo o desempeño en el transporte público.

Elaboración de proyecciones: Utilizando software estadístico perteneciente al paquete de office se realizará una proyección de incremento consumo eléctrico de la ciudad y de unidades de transporte ingresadas al cantón que funcionen a base de combustibles fósiles, en

este caso diésel, y mediante consumo energético de los buses eléctricos. Con la regresión lineal se maneja el coeficiente R^2 o que relaciona una o más variables a predecir, cuanto más se acerque a 1 mayor será el ajuste que tenga el modelo que se está intentando determinar.

Definición de impactos: de acuerdo con las proyecciones realizadas se realizará un análisis de consumo energético requerido hasta el 2045, y fundamentados en estos datos se considerará un estimado impacto generado por el consumo de energía de los buses eléctricos y las emisiones de CO2 generadas.

Para el apartado económico Con los valores obtenidos por FETUM y las proyecciones realizadas se generan dos escenarios de participación para los vehículos eléctricos desde el año 2021 con un incremento del 25% anual de inserción hasta 2025. En el primer escenario se incluyen los valores por combustible y mantenimientos, mientras en el segundo escenario se incluyen los valores por el costo de renovación de flota.

Ambos escenarios se comparan en cada caso con un escenario 0 planteado con unidades únicamente diésel.

Resultados: en función del tema a tratar se realizará una interpretación de los datos obtenidos y tabulados.

Propuesta: basada en los problemas e impactos analizados durante la interpretación de resultados, se planteará una propuesta que beneficie a los involucrados o de solución a un problema.

Para llegar a determinar el proceso diagnóstico del problema se siguieron los siguientes pasos:

- a. Identificación del problema, planteamiento y su formulación.
- b. Formulación de objetivos.
- c. Construcción de las preguntas de investigación.
- d. Elaboración del marco teórico.
- e. Diseño de la metodología, técnicas e instrumentos a seguirse y aplicarse.
- f. Determinación de la población y muestra.
- g. Estructura de las variables.

- h. Estudio de campo.
- i. Análisis, discusión e interpretación de resultados.
- j. Contrastación de las preguntas de investigación con los resultados de la investigación de campo y la teoría científica.
- k. Conclusiones y recomendaciones.

1.7 Desarrollo de la investigación

En función de la planificación de la investigación se analizarán los datos mediante la operacionalización de las variables dependientes e independientes:

Variable dependiente: Impactos técnicos, ambientales y económicos

Variable independiente: movilidad eléctrica

1.8 Recursos

Recursos materiales

- Computador
- Impresora
- Software

CAPÍTULO II: ESTADO DEL ARTE

2.1 Vehículos eléctricos

Los vehículos eléctricos se refieren a una gran variedad de tecnologías diferentes con distintos grados de electrificación del tren de potencia para impulsar el vehículo. Las distintas variantes van desde hibridaciones eléctricas suaves de motores de combustión en las que el motor eléctrico no puede mover por sí mismo el coche hasta electrificaciones completas en las que nada más existe un motor eléctrico y una batería (Isla, Singla, Rodríguez Porcel, & Granada, 2019). se mueven únicamente gracias a la intervención de uno o varios motores eléctricos alimentados por una batería, que puede ser recargada en la red.

La mayoría de los modelos incorporan un sistema de recuperación de energía de la frenada y las deceleraciones. Mediante la electrónica de potencia del motor este puede convertirse en un generador de corriente capaz de introducir energía en la batería (García G. , 2018).

Entre los tipos de vehículos que utilizan energía eléctrica para su movilidad encontramos:

- Auto híbrido: cuenta con dos motores: uno eléctrico y uno a combustión. Este motor eléctrico puede trabajar en serie (a velocidades bajas) o en paralelo o mixto con el otro motor (como apoyo durante la aceleración) (VW, 2021).
- Auto híbrido enchufable: Es muy similar al vehículo híbrido (tiene un motor a combustión y uno eléctrico que puede trabajar en serie, en paralelo o mixto) con la salvedad de que además tiene una autonomía de entre 25-50 km. Su batería se recarga con un enchufe a la red eléctrica (Land Rover, 2021).
- Auto de extensión de rango: Los autos de este tipo cuentan también con un motor eléctrico y uno de combustión, sin embargo, se diferencian de los híbridos en que es el motor eléctrico el que produce el movimiento mientras que el motor de combustión se usa para producir la electricidad que alimenta al motor eléctrico. También recarga su batería a través de una conexión con la red eléctrica (fueleconomy, s.f.)
- Auto eléctrico puro: Los Vehículos Eléctricos a Batería o BEV (Battery Electric Vehicle), también muchas veces solo denominados EVs, son aquellos vehículos que utilizan la energía eléctrica almacenada en su sistema de baterías interno para alimentar los motores eléctricos que los proporcionan. Son considerados como puramente eléctricos y la recarga de su batería la realizan mediante de la conexión a la red eléctrica (Simon, 2019). Su autonomía varía de acuerdo con el modelo en

cuestión por lo que hay autos eléctricos que tienen una autonomía de cerca de 200 km a otros que llegan a un poco más de 500 km con una carga completa. (enel, 2016).

2.2 Componentes diferenciales de los Vehículos Eléctricos

Entre las partes más importantes que componen un EV como se muestra en la figura 1, están: el motor eléctrico, la batería recargable, el controlador (motor drive) y el transformador (fuente de carga) (Osinergim, 2019).

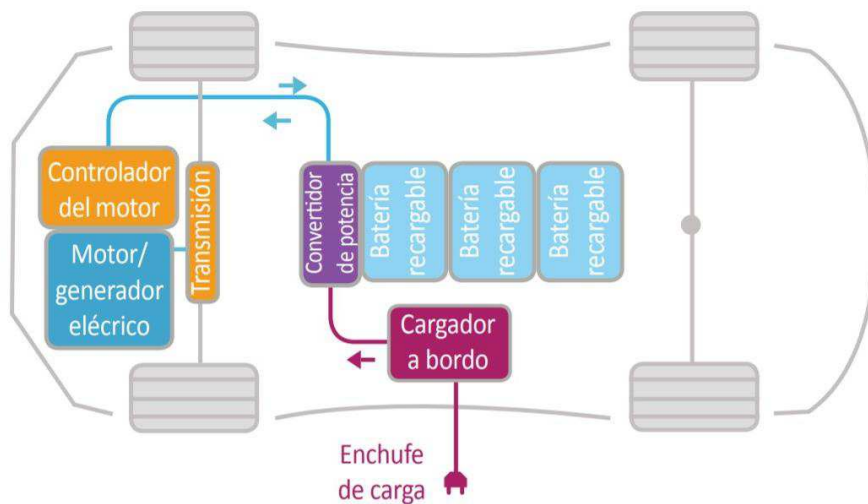


Figura 1 Esquema de funcionamiento de un BEV. Tomado de (Osinergim, 2019)

2.2.1 Motor eléctrico

Como lo describe (Pérez A., 2018), el funcionamiento del motor eléctrico se da debido a que el cambio giratorio del campo magnético del estator arrastra el campo magnético fijo del rotor y, por medio de una serie de engranes, permiten que las ruedas desplacen el vehículo. El motor eléctrico es el elemento que permite la propulsión del vehículo mediante la conversión de la energía eléctrica en energía mecánica (Osinergim, 2019).

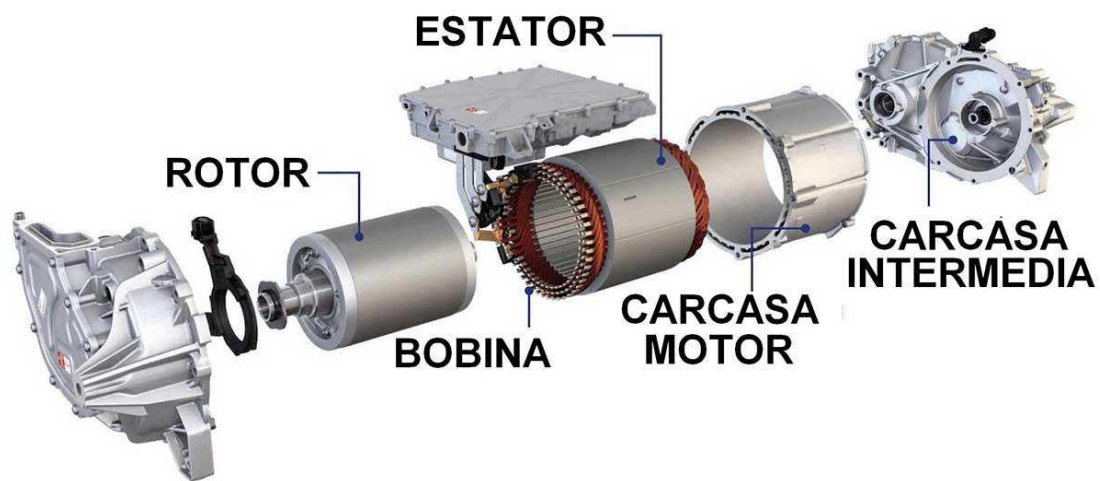


Figura 2 Motor Eléctrico. Tomado de (José Martín, 2021).

A diferencia de los motores a gasolina o diésel, estos funcionan transformando la energía eléctrica en energía de movimiento o mecánica. En el presente, los motores eléctricos son utilizados para múltiples equipos que van desde aparatos electrodomésticos, industriales hasta carros de alta tecnología. Estos motores utilizan la electricidad para generar campos magnéticos que se opongan entre sí. De esta forma, los motores eléctricos mueven una parte giratoria llamada rotor y pueden generar el movimiento. (Motorysa, 2019).

2.2.2 Batería para vehículos eléctricos

Si el motor de un coche es el corazón que bombea movimiento, la batería serían los pulmones que permiten que funcione todo el sistema. Hoy en día, sin la electricidad proporcionada por el coche, no podría ni siquiera encenderse y mucho menos arrancar (SADECO, 2016).

Denominado también banco de baterías permite el almacenamiento de la energía del vehículo mediante diferentes componentes químicos (Osinergim, 2019). En cualquier caso, cabe destacar que las baterías que montan los coches eléctricos actuales son muy diferentes de las que empleaban los primeros modelos eléctricos hace un siglo.

Por su composición, existen los siguientes tipos:

- De plomo-ácido. - Este tipo de baterías, también denominadas SVRLA y Pb A P, suele ser la que incorporan la mayor parte de vehículos con motor térmico para arrancar.
- De iones de litio (Li-ion). - Son las baterías más avanzadas, con excelentes características de rendimiento, peso y vida útil. Destacan por la mayor densidad de energía por centímetro cúbico y por la ausencia de «efecto memoria», permitiendo mayor número de ciclos de recarga.
- De níquel cadmio (Ni-Cad). - Cada vez menos usadas, tienen un alto coste debido a sus elementos y se han usado más en la aviación por su buen rendimiento a baja temperatura.
- De níquel-hidruro metálico (Ni-MH). Poco tóxicas y tiene un mayor rendimiento que la de ácido de plomo, pero menor que la de litio. No son comunes en coches eléctricos, aunque sí en coches híbridos (autofácil, 2020).

2.2.3 Características de las baterías

Describe el autor (RACE, 2019) las características para determinar los tipos de la batería se muestran en la tabla 1 y son: densidad energética, capacidad de la batería, potencia, eficiencia y ciclos de vida. Mediante estas consideraciones se puede establecer las prestaciones de autonomía con las que el EV cuenta, cuanto mayores valores, mayor coste y, por ende, mayor precio del vehículo.

Tabla 1 Características más importantes de la batería para BEVs. Tomado de (RACE, 2019)

CARACTERÍSTICA	MEDICIÓN	DESCRIPCIÓN
DENSIDAD ENERGÉTICA	Wh/kg	Energía que la batería puede almacenar y suministrar por unidad de volumen. A mayor densidad, mayor autonomía.

CAPACIDAD DE LA BATERÍA	kW/h Ah	Medida por kilovatio sobre hora y en amperios por hora. Es la medida de amperios por hora que puede ofrecer o recibir una batería.
DENSIDAD DE POTENCIA	W/kg	Potencia que ofrece la batería por la unidad de volumen. A mayor potencia el vehículo tendrá mayores prestaciones.
EFICIENCIA	%	La energía que puede ofrecer la batería en relación con la energía empleada para cargarla.
CICLOS DE VIDA	Unidad	Número de veces que la batería puede completar ciclos de carga y descarga durante el tiempo que pueda mantener sus prestaciones mínimas definidas.

2.2.4 Controlador (Motor Drive)

El controlador se ocupa de administrar la energía para propulsión y funcionamiento del vehículo, transforma la corriente continua en corriente alterna y viceversa. Dependiendo si el vehículo se encuentra en la fase aceleración o desaceleración, mediante el controlador, la energía de las baterías es usada para crear movimiento o para convertir la energía cinética del movimiento para recargar la batería (Pérez A. , 2018).



Figura 3 Motor controlador ubicado en la parte inferior de un vehículo eléctrico.
Tomado de (García G. M., 2019).

2.2.5 Niveles, modos y conectores de carga

Para la recarga de baterías del vehículo eléctrico se cuenta con diferentes niveles y modos de carga, tipos de conectores y lugares en donde, según se requiera, pueden ser implementados.

Niveles de carga

Según la descripción del autor (Baharami, 2020), los diferentes equipos para la carga de los vehículos son comúnmente categorizados entre los 3 tipos descritos a continuación:

Nivel 1

Los equipos ofrecen una carga a 120 V en AC y requiere un circuito dedicado. De manera general, el nivel 1 hace referencia a uso de tomacorrientes domésticos estándar. No requiere la instalación de un equipo de carga.

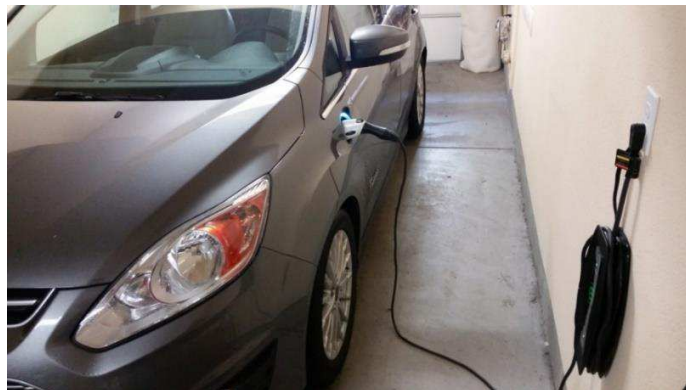


Figura 4 Carga de vehículo eléctrico en toma de pared.
Tomada (Península clean energy, 2019)

Los cargadores de nivel 1 utilizan un enchufe de CA de 120 voltios y se pueden conectar simplemente a una toma de corriente estándar. Se puede hacer con un cable de nivel 1 que tiene un enchufe doméstico estándar de tres puntas en un extremo para la toma de corriente y un conector estándar para el vehículo. Cuando se conecta a un enchufe de CA de 120V, las tasas de carga cubren entre 1,4kW a 3kW y pueden tomar en cualquier lugar de 8 a 12 horas dependiendo de la capacidad de la batería y el estado (Kia, 2017).

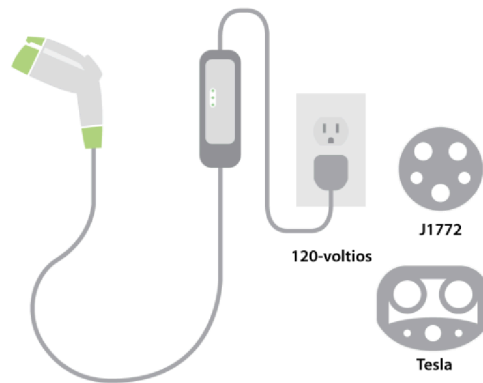


Figura 5 Equipos para carga de Nivel 1. Tomada (clean vehicle rebate, 2020).

Nivel 2

La carga de nivel 2 se conoce principalmente como carga pública. A menos que tenga una configuración de equipo de carga de nivel 2 en casa, la mayoría de los cargadores de nivel 2 se encuentran en áreas residenciales, estacionamientos públicos y lugares de trabajo y entornos comerciales.



Figura 6 Vehículo conectado a cargador público de nivel 2. Tomado de (Pensula Clean Energy, 2019).

Los cargadores de nivel 2 requieren instalación y ofrecen carga a través de enchufes de CA de 240V. La carga generalmente tarda de 1 a 11 horas (dependiendo de la capacidad de la batería) con una velocidad de carga de 7kW a 22kW con un conector de tipo 2. Por ejemplo, el KIA e-Niro, equipado con una batería de 64 kW, tiene un tiempo de carga estimado de 9 horas a través de un cargador de 7,2 kW a bordo tipo 2 (Andres, 2016).

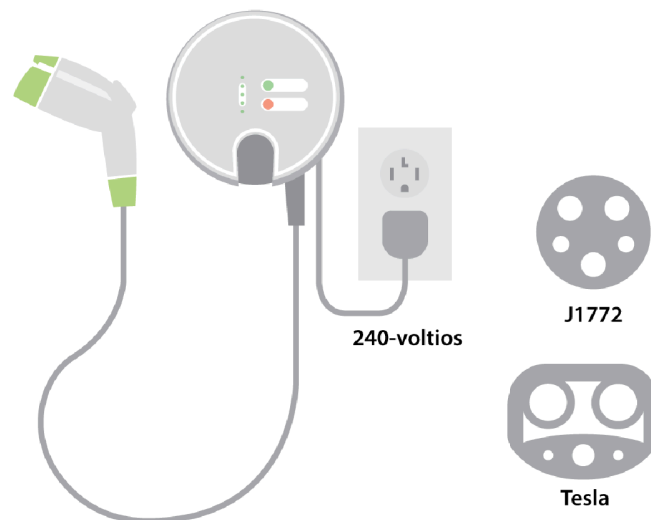


Figura 7 Equipos para carga de Nivel 2. Tomada (clean vehicle rebate, 2020).

Nivel 3

Usando la tecnología bypass en el EV del sistema de carga de baterías, la energía se transfiere vía corriente directa entre el vehículo y la estación de carga. Existen diferentes soluciones para la carga nivel 3 que dependen generalmente de la zona geográfica.

La carga de nivel 3 es la forma más rápida de cargar un vehículo eléctrico. Aunque pueden no ser comunes como cargadores de nivel 2, los cargadores de nivel 3 también se pueden encontrar en cualquier ubicación densamente poblada. A diferencia de la carga de nivel 2, es posible que algunos vehículos eléctricos no sean compatibles con la carga de nivel 3.



Figura 8 Vehículo conectado a cargador público de nivel 3. Tomado de (Pensula Clean Energy, 2019).

Los cargadores de nivel 3 también requieren instalación y ofrecen carga a través de enchufes de CA o CC de 480V. El tiempo de carga puede tardar de 20 minutos a 1 hora con una velocidad de carga de 43 kW a 100+kW con un conector CHAdeMO o CCS. Tanto los cargadores de nivel 2 como 3 tienen conectores atado a las estaciones de carga (clean vehicle rebate, 2020).

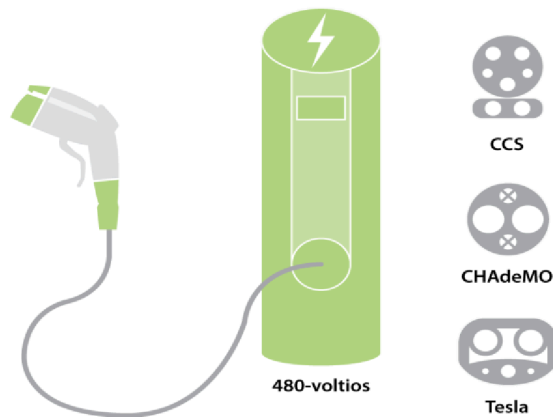


Figura 9 Equipos para carga de Nivel 3. Tomado de (clean vehicle rebate, 2020).

Modos de carga

Los modos de carga están determinados por varios factores de clasificación como: el tipo de carga, la potencia que se debe suministrar y el tipo de comunicación entre el punto de recarga y el vehículo (Motor, 2020)

Los vehículos eléctricos e híbridos enchufables necesitan una fuente de alimentación externa para la recarga de sus baterías eléctricas. Esta necesidad ha dado lugar a la estandarización de 4 modos de carga de los coches eléctricos, diferenciados en características y uso (LuGEnerGY, 2021).

Modo 1 – Carga lenta por socket eléctrico regular.

El vehículo es conectado a la red eléctrica mediante el conector estándar comúnmente encontrados en las residencias a aproximadamente 10 A. Para poder usar el modo 1 de carga, la instalación debe contar con regulaciones de seguridad como lo es el sistema de puesta a tierra y un breaker para protección ante sobrecarga. Según el reporte técnico del autor (Baharami, 2020), el lugar más común para la carga con este modo es en los hogares de los propietarios durante la noche.

Los principales problemas del modo 1 de carga son: calentamiento en el socket y cables debido a su uso intenso durante varias horas, y, debido a que el socket de carga comparte la alimentación con otros sockets (un circuito no dedicado) si la suma de las cargas excede el límite de protección que generalmente es de 15A, el breaker del circuito “salta”, parando la carga.



Figura 10 Modo 1 de carga de vehículo eléctrico. Tomado de (revista centro zaragoza, 2021)

La conexión se realiza a una toma de corriente alterna estándar de una instalación eléctrica existente, sin protecciones adicionales ni control dedicado a la carga del vehículo. La batería del vehículo “toma la energía eléctrica desde el convertidor AC/DC (corriente alterna/corriente continua) incorporado en el vehículo”, por lo que se plantea la importancia de “revisar las instalaciones eléctricas y verificar el buen estado de la aislación del conductor, la toma de tierra, la protección diferencial y la protección termo magnética (ElectroMOV.cl, 2019).

Modo 2 – Carga lenta por socket eléctrico regular con protección al EV

El vehículo es conectado a la red eléctrica principal por medio de la salida del tomacorriente doméstico. La carga se realiza vía monofásica o trifásica con puesta a tierra y una corriente máxima de 32 A. Un dispositivo de protección está integrado en el cable de carga. Este modo es más costoso que el modo 1 debido a que el cable debe ser el específico.

La carga se realiza de manera directa por medio de una conexión desde la red eléctrica hacia el equipo suplementario del EV (EV supply equipment) EVSE, que debe ser parte o estar situado hasta 0.3 metros de la instalación del plug principal. Existe una conexión activa con la adición de un control piloto de los componentes pasivos (Baharami, 2020).



Figura 11 Modo 2 de carga de vehículo eléctrico Tomado de (revista centro zaragoza, 2021)

En este modo de recarga la conexión al auto se realiza a través de un cable donde se ha incorporado un control de carga del vehículo, el cual cuenta con sistema de seguridad, de comprobación de la toma de tierra, protecciones y con posibilidad de seleccionar la velocidad de carga.

Según sostiene el documento del Ministerio de Energía, la conexión para este tipo de recarga es en corriente alterna (AC), utilizándose “una instalación y enchufe estándar y entre el enchufe y el vehículo se incorpora un piloto control de carga. La batería del vehículo toma la energía eléctrica desde el convertidor AC/DC incorporado en el mismo” (ElectroMOV.cl, 2019).

Modo 3 – Carga lenta o rápida por socket específico para EV

El vehículo es conectado directamente a la red eléctrica por medio de un socket y plug específicos en un circuito dedicado. La función de control y protección son también instaladas y funcionan de manera continua. Se trata de una conexión que se realiza de manera monofásica y trifásica, ambas con un cable que soporta 250 A (Baharami, 2020).

Por medio de la comunicación cableada entre la electrónica del vehículo y la estación de carga se puede permitir la integración con Smart grids.



Figura 12 Modo 3 de carga de vehículo eléctrico. Tomado de (revista centro zaragoza, 2021)

El documento señala que esta es una conexión del vehículo eléctrico a la red que usa un “circuito y equipamiento de control incorporado en el cargador”, incorporando la protección de sobrecarga, cortocircuito, diferencial, puesta a tierra y un piloto control de carga entre el cargador y el vehículo eléctrico”. “En este tipo de recarga, el vehículo eléctrico se conecta al cargador (caja de pared o tipo poste) mediante un cable especial. El cargador es el que está dotado con un control inteligente que se encarga de gestionar la seguridad y proceso de carga en conjunto con el control del vehículo”, se indica. La guía destaca que este modo de recarga, junto al enchufe no dedicado con protección y control incorporada en el cable, “son los de

uso más extendido, ya que presentan mayores condiciones de seguridad y control” (ElectroMOV.cl, 2019).

Modo 4 – Carga rápida usando tecnología especial

El vehículo es conectado a la red eléctrica principal a través de un cargador externo. La función de control y protección están instaladas y funcionan de manera permanente en la instalación.

A 600 V DC incluido puesta tierra y control piloto a una corriente máxima de 400 A, son suministrados al vehículo. La carga DC es rectificadora de AC por medio del cargador exterior (Baharami, 2020).

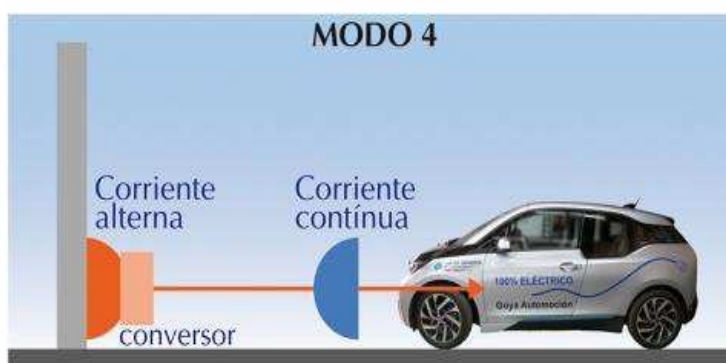


Figura 13 Modo 4 de carga de vehículo eléctrico. Tomado de (revista centro zaragoza, 2021)

En la tabla 2 se muestran más características y esquema de los diferentes modos de carga respectivamente

Este modo de recarga se realiza en corriente continua, por lo que el convertidor AC/DC se encuentra en el cargador y es de mayor potencia que el convertidor interno del vehículo, “lo que se traduce en menor tiempo de carga de la batería”. “La instalación eléctrica hasta el cargador debe ser independiente y con las protecciones de sobrecarga, cortocircuito, diferencial y puesta a tierra” se sostiene, agregando que este tipo de recarga supone una mayor infraestructura e inversión (ElectroMOV.cl, 2019).

La carga depende de la capacidad del cargador externo y de la capacidad de recibir energía del vehículo (batería y circuito de carga) y no de las restricciones de capacidad del cargador del vehículo eléctrico.

Tabla 2 Características de los modos de carga para vehículos eléctricos IEC 62196.
(ElectroMOV.cl, 2019)

Modo Salida	Conector Específico para VE	Tipo de carga	Corriente máxima	Protecciones	Características especiales
Modo 1	No	Lenta en CA	16 A por fase (3.7 KW- KW)	La instalación requiere de protección diferencial y magnetotérmica	Conexión del VE a la red de CA utilizando tomas de corriente normalizadas
Modo 2	No	Lenta en CA	32 A por fase (3.7 KW- 22 KW)	La instalación requiere de protección diferencial y magnetotérmica	Cable especial con dispositivo electrónico intermedio con función de piloto de control y protecciones
Modo 3	Si	Lenta o semi rápida. Monofásica o trifásica	Según conector utilizado	Incluida en la infraestructura especial para VE	Conexión del VE a la red de alimentación de CA utilizando un equipo específico (SAVE)
Modo 4	Si	En CC	Según cargador	Instaladas en la infraestructura	Conexión del VE utilizando un cargador externo fijo.

En resumen, los tipos de carga por el factor de componentes, potencia eléctrica y espacio quedan dispuestos de manera general como se muestra a continuación.

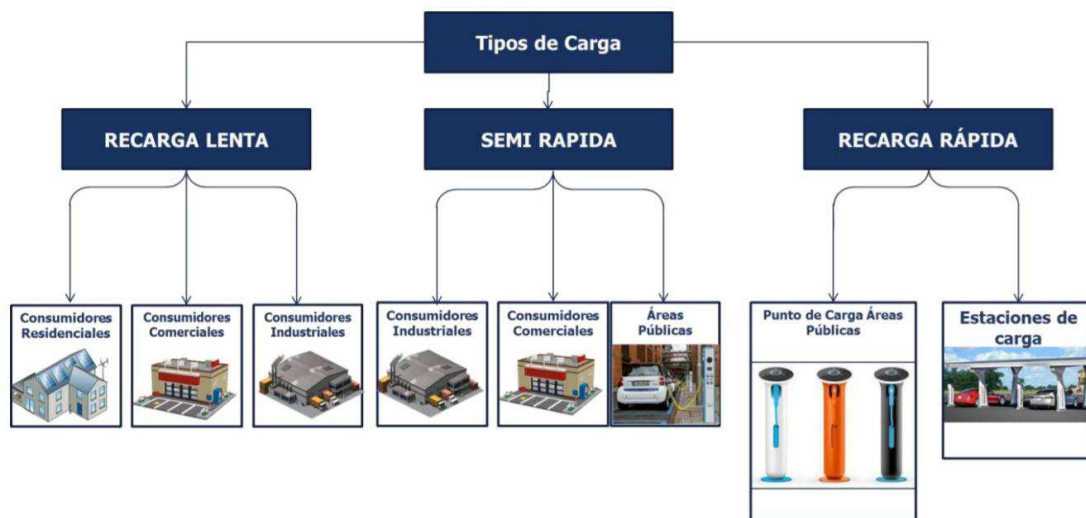


Figura 14 Resumen de tipos de carga por ubicación. Tomada de (ARCONEL, 2019).

Tipos de conectores

En el momento son varios diseños desarrollados de conectores que están disponibles y en uso en varios lugares del mundo. Los productores de Alemania y Norteamérica se unieron para diseñar un sistema normalizado llamado Combined Charging System (CCS). En este mismo sistema se desarrollaron el tipo Combo 1 y 2 para EEUU y Europa respectivamente (Lijó, 2018).

El estándar chino se denomina Guobiao GB/T. Estos modelos están siendo desarrollados para llegar a alcanzar potencias de 900kW a 600 A para alimentar las baterías de los vehículos eléctricos. La cifra es el casi el cuádruple de cualquier diseño que se haya implementado hasta la actualidad. (García G. , 2019)

El estándar CHAdeMO es un japonés de carga rápida y ultra rápida con corriente continua que admite hasta 200 A. Los conectores más comunes son el SAE J1772, el conector IEC 62192 Tipo 2 (Mennekes), el conector CCS (1 y 2) y el estándar chino GB/T que se utiliza por gran parte de China (e-COMPARADOR, 2021).

En las siguientes figuras se muestra las regiones y los tipos de conectores que, respectivamente, son estandarizados y están en uso.

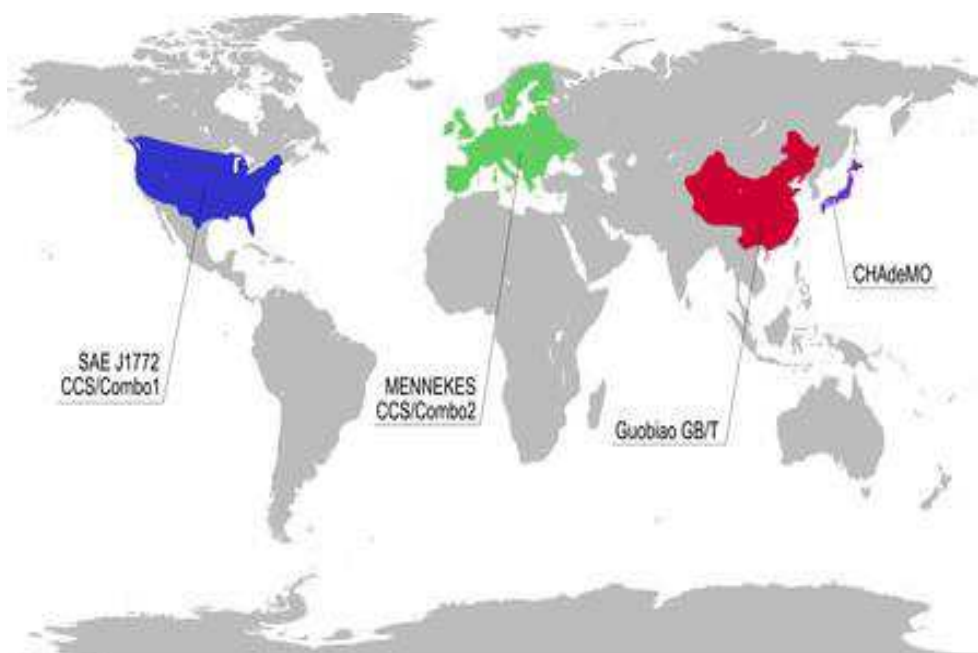


Figura 15 Regiones de uso de los principales estándares de conectores para vehículos eléctricos. Tomado de (Lijó, 2018)



Figura 16 Tipos de conectores para vehículos eléctricos. Tomado de (Lijó, 2018)

En la tabla 3 se detallan más características de los tipos de conectores para la carga de los vehículos eléctricos.

Tabla 3 Características técnicas de conectores para vehículos eléctricos existentes.
Recopilación de (e-COMPARADOR, 2021)

CONECTOR	CORRIENTE NOMINAL	VELOCIDAD DE CARGA	Nº DE BORNES	CONEXIÓN	TENSIÓN
SAE J1772	20 A, 32 A	Lenta/Rápida	5	Monofásica	Alterna
MENNEKES	20 A, 32 A	Lenta/Rápida	7	Monofásica/Trifásica	Alterna
CHAdeMO	125 Acc	Rápida	4	Monofásica	Continua
CSS-Combo 1	125 Acc	Rápida	7	Monofásica	Continua
CSS-Combo 2	32 A, 200 Acc	Rápida	9	Monofásica/Trifásica	Continua/Alterna
GB/T AC	20 A, 32 A	Rápida	7	Monofásica/Trifásica	Alterna
GB/T DC	250 Acc	Rápida	7	Monofásica	Continua

2.3 Factores diferenciales de un vehículo eléctrico comparado con uno de combustión interna

Al momento de analizar las diferencias entre el coche convencional a uno eléctrico existen varios puntos que se deben valorar: precio, coste del combustible, autonomía, punto de recarga, reparaciones, aparcamiento e impuestos (Minue, 2020).



Figura 17 Vehículo de combustión frente a vehículo eléctrico. Tomado de (Vendrell, 2017).

2.3.1 Precio del vehículo

Los vehículos eléctricos se comercializan a un valor considerablemente más alto que los de combustión. El valor de incremento generalmente se puede amortizar con el ahorro de combustible, por lo que entre más kilómetros se realice el vehículo, es más conveniente.

La Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE) registra tres marcas de autos que comercializan este tipo de automotores en el país: las marcas chinas Dayang, Hanteng y la surcoreana Kia. A esas marcas se suma la europea Renault. Sus costos oscilan entre \$ 13.000 y \$ 30.000. Hasta el 2018 en el mercado ecuatoriano apenas lograron venderse 130 carros eléctricos, frente a los 2.813 vehículos híbridos y las 134.672 unidades convencionales (Angulo, 2019).

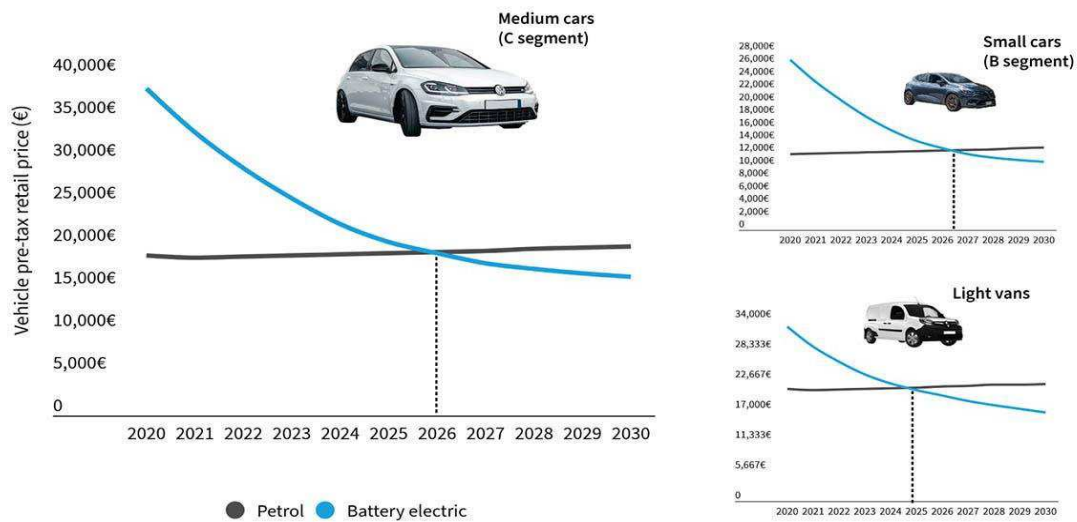


Figura 18 Estimaciones del precio de los vehículos eléctricos durante esta década.

Tomado de (García G. , 2021).

Los analistas de Bloomberg NEF aseguran que la evolución de los diferentes mercados que influyen sobre el precio de producción y venta de un vehículo eléctricos hacen que este momento esté más cerca de lo esperado. En 2025 se igualará el precio de las furgonetas eléctricas, en 2026 el de los turismos de tamaño medio y de los SUV y en 2027 el de los vehículos más pequeños. El análisis va un poco más allá e incluye una previsión para 2030, cuando un automóvil eléctrico será un 18% más barato (antes de impuestos) que un automóvil similar de combustión (García G. , 2021).

2.3.2 Costo de combustible por eficiencia de motor

Los motores de combustión son mucho menos eficientes que los motores eléctricos (Energía y sociedad, 2018), entre el 25 al 30% de la energía total del combustible introducido, donde los motores eléctricos alcanzan hasta un 95% de eficiencia (BYD, 2020). Sin embargo, para esclarecer la ventaja que tienen los vehículos eléctricos en el aspecto económico también se debe tomar en cuenta el costo del combustible.

De manera general, el valor de los combustibles en los países más desarrollados tienen los precios más altos, por otro lado, los países con más pobreza que generan y exportan el petróleo, comercializan a precios más bajos (GPP, 2021)

La diferencia de precios es debido a los impuestos y subsidios implantados en cada país, ya que el valor en el mercado internacional es el mismo para todos (Ekos, 2015).

Añadido a esto, el combustible tiene un valor mayor, necesita de varios procesos complejos de tratamiento y además transporte hasta las gasolineras (Hernández, 2020), contrario al suministro eléctrico, que está extendido y se encuentra disponible de manera inmediata en casi cualquier lugar del mundo con civilización (El Comercio, 2019).

A nivel mundial, a fecha de agosto de 2021, el valor medio por galón a nivel mundial de la gasolina es de \$ 4.56 USD y del diésel a \$ 4,05 USD, siendo en Venezuela el lugar donde se comercializa a menor precio, con un costo de \$ 0,076 USD por galón gasolina y \$ 0,0001 USD por galón de diésel. Por otro lado, Líbano es el país donde el galón de gasolina y diésel llegan a los costes más altos, con valores de \$ 16,07 USD y \$ 12,39 USD respectivamente. (GPP, 2021). En Ecuador, el galón de diésel Premium tiene un valor de 1,60 y el galón de gasolina \$2,28 USD (El comercio, 2021)

El valor de la energía eléctrica depende de varios factores implican que suba o baje su costo al consumidor, como: el lugar de origen, la tecnología, la inversión en generación, vida útil de componentes, costos de operación, factores sociopolíticos, etc. (García M. , 2018)

En lo que respecta a los precios de electricidad para consumidor final a nivel mundial, a fecha de agosto de 2021, la media de precio para el sector residencial es de \$ 0,136 USD por kWh, mientras para el sector comercial es de \$ 0,122 USD. El lugar donde se comercializa la electricidad más económica es en Venezuela, a \$ 0,0001 USD el kWh, mientras que en Alemania cuenta con el mayor valor residencial, con un costo de \$0,363 USD por kWh y

Burkina Faso con el mayor valor comercial, a \$ 0,486 USD el kWh. (GPP, 2021) . En Ecuador el valor del kWh para uso residencial es de \$0,1047 USD, sin embargo, para la carga de vehículos eléctricos se maneja un pliego tarifario distinto.

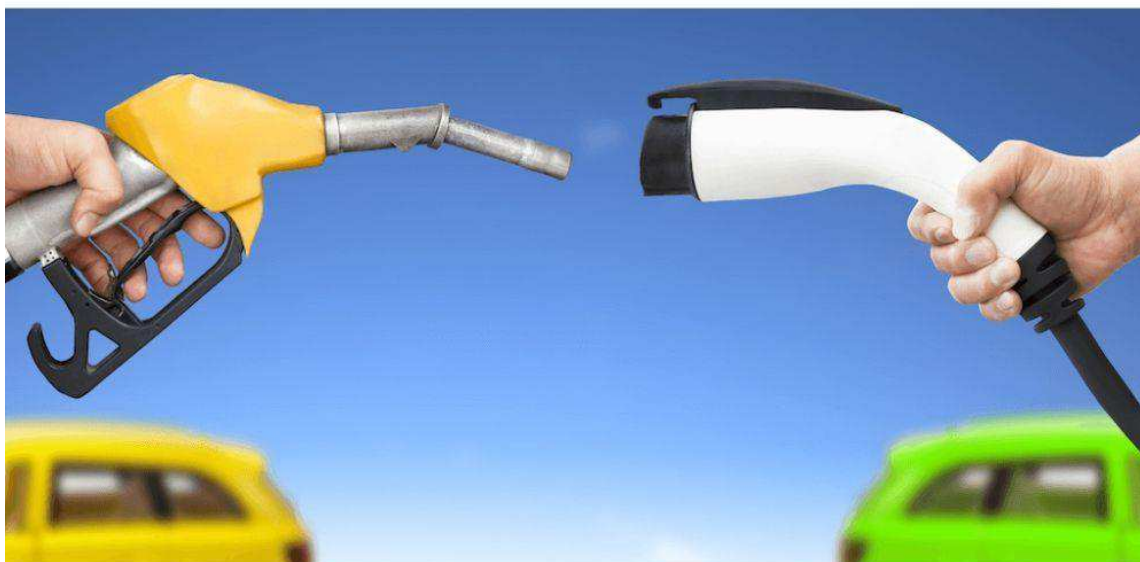


Figura 19 Surtidor de gasolina o diésel frente a conector para carga de vehículo eléctrico.
Tomado de (Norisk, 2020).

Para realizar una comparativa de manera general se toma el consumo de los vehículos con registro de menor gasto de gasolina y diésel en circulación en Ecuador hasta el año 2018 (Ekos, 2015), según los datos de ficha técnica se da como resultado una media de recorrido de 66.96 km/galón, resultando en 1,517 galón/100 km. En el caso del diésel se tiene un promedio de 43 km/galón, que resulta en una conversión de 2.32 galón/100 km.

Considerando una conversión directa por unidad de volumen, un litro de gasolina contiene 36.33 kWh/galón, mientras que el diésel contiene 40.5 kWh/galón (SM, 2020), con lo que se obtiene un rendimiento de aproximadamente de 55,14 kWh en gasolina y 93.95 kWh en diésel por cada 100 km de recorridos. Por otra parte, varios modelos de vehículos eléctricos se registran una media consumo de solo 12,65 kWh por cada 100 km (electromovilidad, 2020).

Tomando en cuenta los valores medios a nivel mundial a la fecha de agosto de 2021, costo promedio de combustible sería de \$6,91 USD en gasolina, \$9,39 USD en diésel y \$1,83 USD en electricidad, para un recorrido de 100 km. Se puede afirmar de manera general que el uso de los vehículos eléctricos a nivel mundial resulta mucho más económico que los vehículos que funcionan a gasolina y a diésel.

2.3.3 Mejoras de autonomía de los vehículos eléctricos

Uno de los problemas más cuestionados de los vehículos eléctricos y por el cual se ha frenado un rápido despliegue de la electromovilidad es la autonomía de los vehículos, es decir, el recorrido que pueden hacer los autos con la carga de la batería. (Martín, 2021).

Aunque cada vez existen vehículos que mejoran su autonomía, actualmente los vehículos eléctricos dependen mucho de estaciones de carga en el recorrido cuando el destino al que se desea llegar esta más lejos a los kilómetros de autonomía. Mientras las gasolineras están repartidas masivamente en el mundo, por lo que en ese sentido no existe ningún problema.

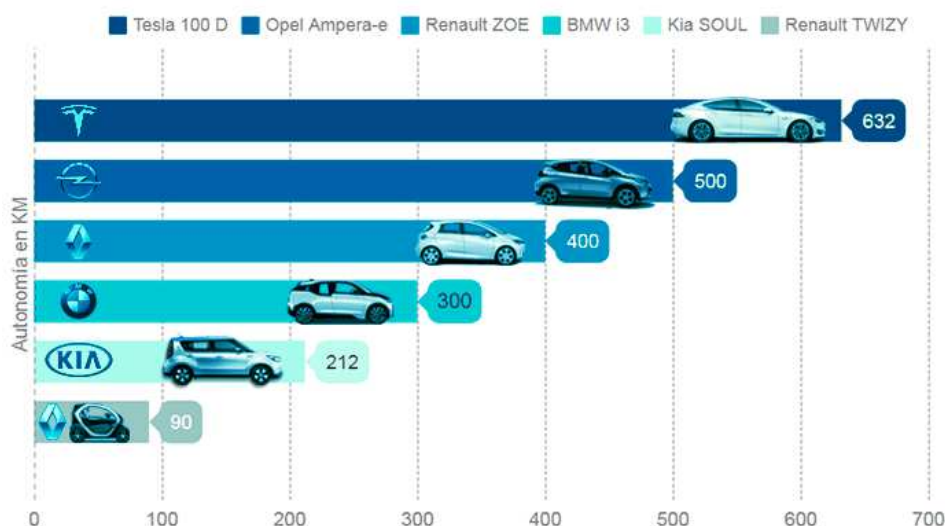


Figura 20 Autonomías de los diferentes vehículos eléctricos en circulación a nivel mundial, tomado de (García G. , 2020).

Hoy en día es habitual que un coche eléctrico de tamaño medio (del segmento C) disponga de una batería de al menos 70 kWh de capacidad. En el peor de los casos, considerando un consumo medio de 20 kWh/100 km, circulando por carretera a velocidades de 120 km/h, y haciendo un cálculo rápido, la autonomía real que puede ofrecer es de 350 kilómetros. Si consideramos que no es conveniente descargar por completo la batería ni recargarla al 100%, la autonomía real será el 80% de la calculada, es decir, 280 kilómetros (García G. , 2020).

Se tiene que considerar también que, a corto plazo se tiene previsto el desarrollo de nuevos modelos de baterías que conseguirán autonomías mucho mayores, como el modelo Tesla Model S Plaid+, que según reportan recorrería más de 800 km con una sola carga (Pérez A. , 2021).



Figura 21 Modelo Tesla Model S Plaid+ con autonomía superior a 800 km. Tomado de (Pérez A. , 2021).

2.3.4 Disminución de costos en la fabricación de baterías para EVs

La cantidad de BEVs aumenta cada año de manera considerable y un factor importante es el decreciente costo de las baterías. El precio de las baterías, uno de los componentes con mayor costo, ha caído a medida que incrementa la producción a escala y se desarrollan mejores y más eficientes métodos para su manufacturación (Daniel Murias, 2021)

Desde el año 2010, como se observa en la figura 22, cuanto el costo de kWh para las baterías era de aproximadamente \$1.000 por kilovatio-hora (kWh). Para el año 2019 el costo era de 156 por kWh. (Iea, 2021).

Según el reporte de (Curry, 2017) para que los costos de fabricación de un vehículo eléctrico a batería y uno de combustión interna sean iguales o menores, el valor de manufactura de batería debe estar entre 125\$ y 150\$ por kWh, lo cual se prevé entre el año 2022 y 2024. Lo que se espera es que para el 2030 el costo del kWh llegue a 73\$.

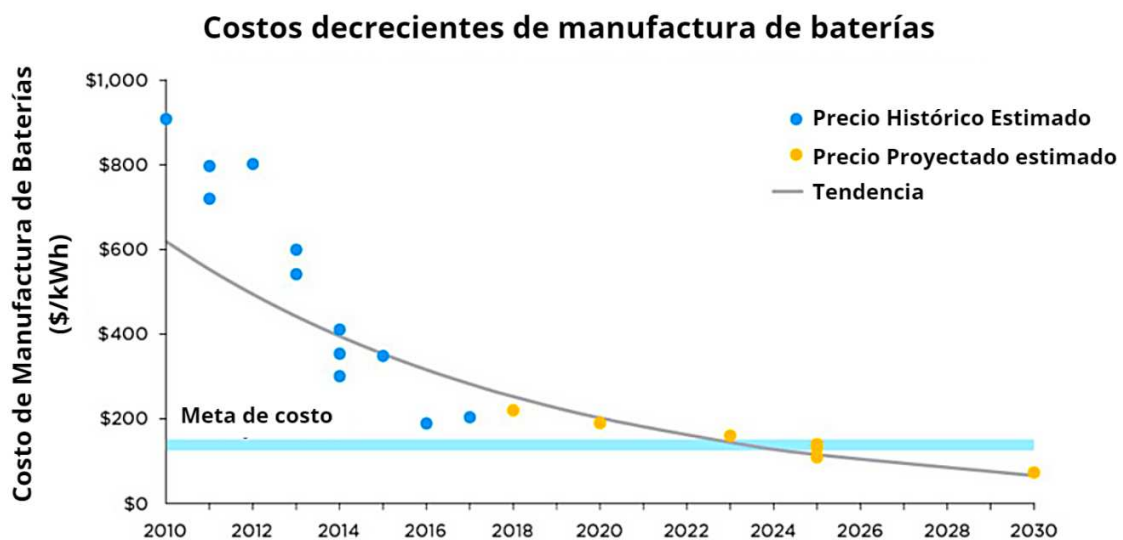


Figura 22 Caída de costo de manufacturación de baterías para BEVs (Union of Concerned Scientists, 2018)

2.3.5 Costos de mantenimientos

El sistema de funcionamiento de un vehículo eléctrico no contiene embragues, aceites, filtros, correas de distribución, etc. Por lo que el mantenimiento llega a ser más sencillo y por lo tanto más económico (Fernandez, 2020).

Con los mantenimientos de los vehículos establecidos por las empresas de manufactura señalados en estudios realizados previamente (Guamán, 2019), establece que a los 120.000 km a un vehículo de combustión como es el KIA Rio R le toma un tiempo de mantenimiento

preventivo de 41,66 horas, mientras que a un vehículo eléctrico como el BYD e5 le toma 11,01 horas. Esto se debe, como lo muestra la figura a continuación, a que al vehículo eléctrico se le realizan 6 mantenimientos durante un periodo de 12.000 km cada uno, mientras que para un vehículo a combustión se realizan 24 mantenimientos con un periodo de 5.000 km cada uno.



Figura 23 – Tiempo de Mantenimiento de vehículo eléctrico vs vehículo de combustión.
Tomado de (Guamán, 2019).

Por otro lado, para evaluar los costos, en consideración la mano de obra y repuestos necesarios se toma en cuenta también que los valores por mantenimiento preventivo varían entre kilometraje de revisión, por lo que las cifras cambian entre los de diferentes modelos (Repsa, 2020).

Basado en recorridos anuales de 78.000 km o 6.500 km mensuales para 3 modelos a combustión y 1 eléctrico, realizando la sumatoria de todos los mantenimientos realizados y dividido para los km de marcha, se obtiene que el vehículo eléctrico modelo Kia Soul EV AT supera levemente por el 7,24% en costo a un modelo de combustión, el Chevrolet Corsa Evolution Active 1,4L. Sin embargo, al comparar el eléctrico con los modelos Grand Vitara

2.0L y el Kia Sportage Active 2,0L, estos superan los costos con un 12,13% y un 31,82% respectivamente, como se muestra en la gráfica inferior (Idrovo & Loaysa, 2017). Por lo tanto, aunque los mantenimientos preventivos se realicen en menor medida en un vehículo eléctrico, los valores para el mantenimiento de los vehículos a combustión siguen siendo menores.



Figura 24 Comparativa de costo de mantenimiento de 3 vehículos de combustión y 1 vehículo eléctrico por km. Tomado de (Idrovo & Loaysa, 2017).

2.4 Vehículos eléctricos matriculados a nivel mundial

Como se observa en la figura 25, los vehículos eléctricos van ganando terreno cada vez con más fuerza, pero los porcentajes de matriculación se dan de manera muy desigual entre distintos países. China y Estados Unidos son los mayores mercados, pero en Noruega, Islandia y Suecia es donde tienen mayor penetración. Esto es debido a que en los últimos países mencionados existe mejor infraestructura para el uso y compra de EVs, además de mayores beneficios fiscales con la finalidad de eliminar la venta de vehículos de combustión en 2025 (Trujillo, 2021).

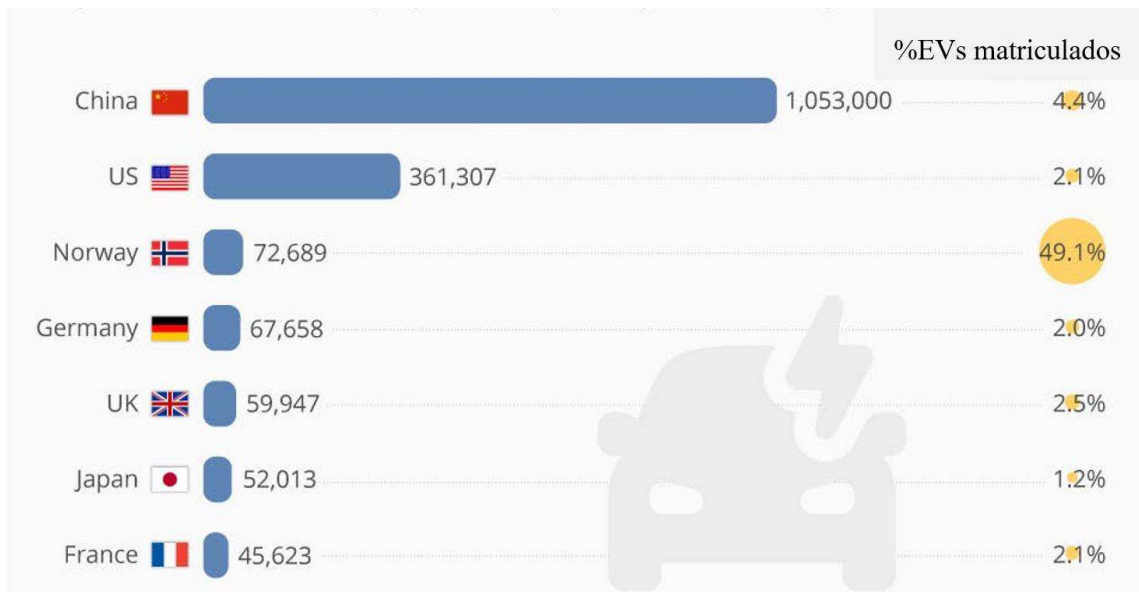


Figura 25 Países con mayor número de matriculaciones de vehículos eléctricos Tomado de (Gutiérrez, 2020)

Los vehículos eléctricos tienen potencial para reducir las emisiones de carbono y de otros contaminantes en América Latina y el Caribe. Un transporte libre de emisiones, particularmente en las ciudades, puede ayudar a reducir la mortalidad y la morbilidad relacionadas con varias enfermedades, incluyendo la Covid-19. (Castro, 2020).

Para Ecuador la electromovilidad representa una gran oportunidad. Su implementación contribuirá a incrementar la seguridad y la resiliencia energética, ayudará a reducir los efectos negativos en la salud causados por la contaminación local, mejorará los servicios de transporte y electricidad, e incidirá en el proceso de descarbonización de la región. Además, se desarrollarán nuevas cadenas de valor en la industria digital y automotriz, con la oportunidad de generar empleos de alto valor agregado (Madriral, 2019).

2.5 Políticas más destacables para el desarrollo de la electromovilidad en el transporte público a nivel mundial

Como primer paso para la adopción de la electromovilidad a nivel mundial se crean políticas que son implementadas con una visión detallada y una serie de objetivos. Se procura programas como estímulos para fábricas de vehículos lo cual incrementa disponibilidad en el mercado, además de impulsar la infraestructura pública para la recarga de los EVs.

Otra de las medidas políticas muy útil es la provisión de incentivos económicos, de esta manera se busca reducir el costo que tienen los vehículos eléctricos en comparación con los vehículos de combustión interna (ICE), los cuales son generalmente menos costosos, y así mismo el estímulo temprano para la creación de infraestructura de carga. Los incentivos económicos muchas veces se combinan con políticas en términos de contaminación ambiental como reducción en impuestos, peajes, estacionamientos, matriculación, etc (IEA, 2020).

Como políticas más relevantes adoptadas por regiones fueron las siguientes:

- En la Unión Europea muchas políticas importantes fueron aprobadas consolidar el cambio hacia la electromovilidad (OVEMS, 2021), además que la comisión presentó planes ambiciosos con fechas como 2030 en las que se dispone que la movilidad automatizada se despliegue a gran escala, y para 2050 prácticamente todos los automóviles deben ser cero emisiones (Movilidad Sostenible, 2020). La Directiva de Eficiencia Energética en Edificios definió un mínimo de requerimientos para la infraestructura de carga en los edificios nuevos o renovados (Unión Europea, 2021). Incentivos financieros para el apoyo del despliegue de EVs y cargadores son muy comunes en varios países de Europa (Cabrera & García, 2019).
- La estrategia de Japón se basa en la cooperación los sectores industriales interesadas, que tiene como objetivo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero producidos por automóviles de fabricación nacionales, pensado para lograrse el 2050 por medio de la adopción de una combinación de las diferentes variantes de EVs (Wappelhorst, 2021). Con esta estrategia se plantea la meta acabar con los vehículos que son completamente a gasolina para el año 2035.
- En Canadá con una visión para la futura adopción de vehículos eléctricos y con la iniciativa de políticas muy ambiciosas en algunos estados, se optó por la legislación de varios mandatos a favor y destinar aportes económicos a los ZEV (zero-emissions vehicles) (Transport Canada, 2021), así como la implementación de sistemas que que brinda ayuda al consumidor y tiene como objetivo evitar medidas incorrectas o pagos injustos en la carga de vehículos eléctricos (Government of Canada, 2021). El Gobierno de Canadá emitió el mandato para que el cambio hacia

la transportación eléctrica y será la más ambiciosa a nivel mundial: 100% de autos y buses eléctricos para el 2040 (Government of Canada, 2019).

- La India anunció la segunda fase a su esquema de “Rápida Adopción y Manufactura de Vehículos Eléctricos en India” (FAME India). Con lo cual se reduce el precio de compra de los EVs, con objetivo para vehículos usados en el transporte público (buses, taxis, etc.) y privados de dos llantas (Partners, 2021). Además, el Ministerio de Energía ha establecido normativas para que la adopción de los vehículos cuente con estándares internacionales (Ministry of Power , 2018).
- En Corea del Sur, se aplican instrumentos de ley como subsidios para la adquisición de vehículos eléctrico (HEV-TCP, 2020) y que se extienden para buses hasta 2024 (Randall, 2021).
- El crecimiento para la adopción de políticas también se da en países de Latinoamérica, por ejemplo, Chile, que tienen una de las flotas de buses eléctricos más grandes a nivel mundial después de China y son manufacturados por la empresa BYD (SOCIETE GENERALE, 2020). Chile tiene como objetivo lograr la electrificación del 100% del transporte público para el 2040 (IES, 2021) .
- En China, las políticas de Desarrollo incluyen la restricción de inversiones para nuevas plantas de manufactura de vehículos ICE (Fundación Terram, 2017). Incentivos para vehículos basados en las características de sus batería y subsidios ante el mandato de New Energy Vehicle (Chu, 2021) , además de que el gobierno siempre dispone la compra de un porcentaje vehículos eléctricos para las agencias y ministerios (Sanz, 2019). El país también contaba ya en 2018 con la mayor flota de autobuses eléctricos, con un 17% de su flota total que representan el 98% de las unidades existentes a nivel mundial, de la que se espera se sigan sumando más anualmente (Gañán, 2018).

2.6 Shenzhen, China: La primera ciudad del mundo con transporte público 100% eléctrico

Shenzhen posee la primera y más grande flota totalmente eléctrica de buses y taxis. La electrificación de la movilidad en esta ciudad ofrece una oportunidad invaluable para

entender los desafíos y las oportunidades de transición a una completa nueva tecnología de transporte público, del proceso se destaca lo siguiente:

Shenzhen fue declarada un distrito económico especial, por lo que permitían regulaciones locales flexibles y estrategias de orientación de mercado que atraen hasta ahora mucha inversión extranjera. De esta manera, esta ciudad con 13,4 millones de habitantes en un área de 1.991 kilómetros cuadrados es una de las ciudades más desarrolladas en China (Kenton, 2021). Shenzhen Bus Group Co. Ltd. (referido como SZBG), opera 1/3 del total de rutas de buses de la ciudad, y transportó 594 millones de usuarios en 2019. La distancia recorrida anualmente por cada bus es de un promedio de 61.000 km (WORLD BANK, 2021).

Proceso de electrificación del transporte público conformado por SZBG

Para finales de 2017, alrededor de 17 mil unidades que componen el total de buses de Shenzhen fueron electrificadas. Como se muestra en la figura inferior, la electrificación de la flota inicio de manera relevante desde 2012 se realizó una etapa de demostración, del 2012 al 2015 se realizaron pruebas piloto pequeñas, y una electrificación a mayor escala desde entre el 2016 y 2017. Alrededor del 80% de los buses son la manufacturera BYD (Lu, Xue, & Zhou, 2018) (BYD Ecuador, 2018). En junio de 2019, SZBG poseía 1700 terminales de carga con de carga rápida en 104 estaciones, la mayoría ubicadas en terminales de buses y depósitos (WORLD BANK, 2021).

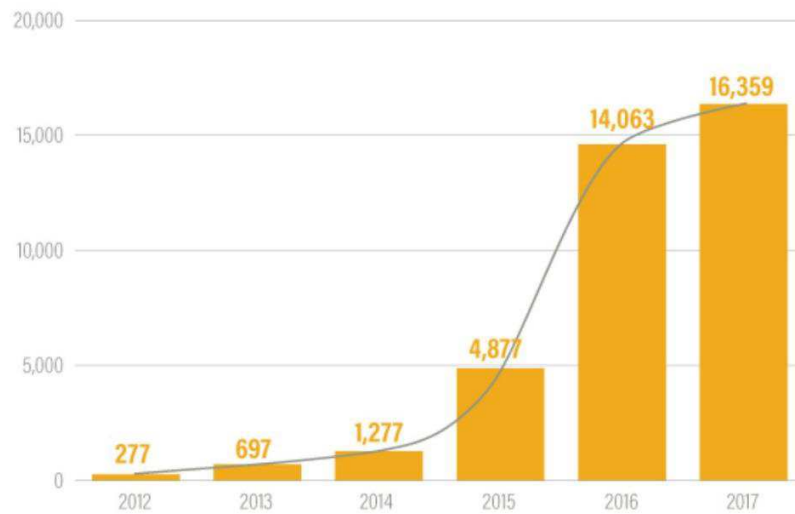


Figura 26 Proceso de electrificación de la flota de buses de SZBG. Obtenido de (Lu, Xue, & Zhou, 2018)

En la mayoría de las rutas, el rango de la batería con 250 km de pueden realizar su jornada completa diaria. Para evitar que la recarga de los buses afecte el servicio de transporte, las operadoras trabajan también coordinando los tiempos y momentos de carga, que se dan generalmente en la noche, cuando el valor de la electricidad es más bajo (Webedia Brand Services, 2019).

Costos para los propietarios de buses

Por mandato del gobierno con el fin al cambio hacia energías limpias para el transporte, acompañado por el subsidio general del gobierno local y apoyado por la rápida y completa electrificación de la flota de buses en Shenzhen. En 2015 el subsidio fue de 500 mil RBM (Yuan Chino) o \$76 mil USD por buses mayores a 10 metros. Sin esta ayuda estatal el costo total para el propietario (Total Cost Ownership) (TCO) (incluidos mantenimientos, energía e impuestos de circulación) para un periodo de 8 años hubiera sido de 2.02 millones de RBM (Yuan Chino) o \$300 mil USD, un 21% mayor comparado al TCO de un bus a diésel. Con el subsidio del gobierno, el TCO para un bus eléctrico es de \$1,07 millones de RBM (Yuan Chino) o \$160 mil USD, un 36% menor comparado con un bus diésel (Berlin, Zhang, & Chen, 2020) (IES, 2021).

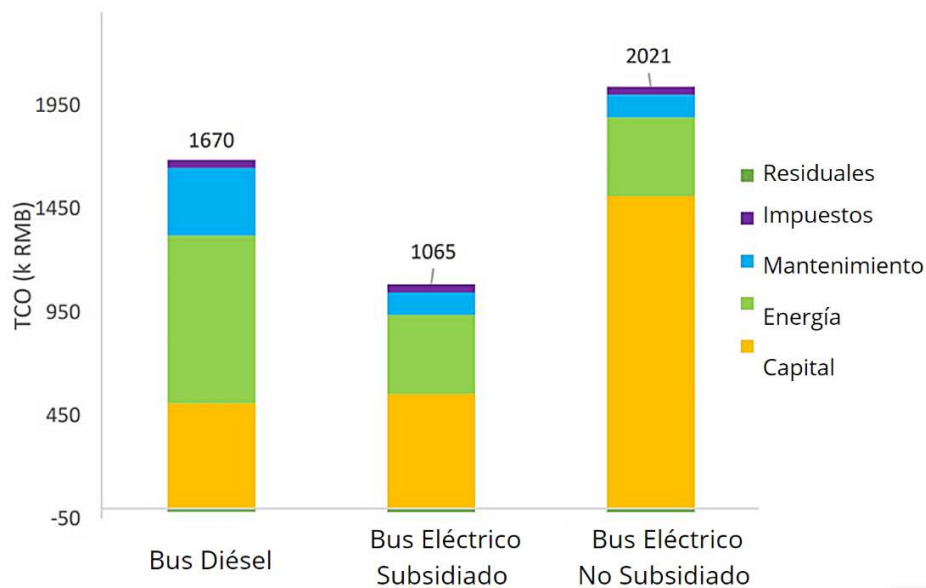


Figura 27 Comparación de TCO de bus diésel, eléctrico subsidiado y no subsidiado (Berlin, Zhang, & Chen, 2020)

SZBG no provee ni opera el abastecimiento de recarga de la flota de buses eléctricos. Paga por el servicio a los propietarios de las terminales de carga, quienes construyen toda la infraestructura incluyendo todos los componentes eléctricos y técnicos para su respectivo funcionamiento. De esta manera crece de manera competitiva el nuevo mercado de proveedores de servicio de carga incluidas las empresas eléctricas. Para los proveedores de servicio de carga, es viable la inversión de las estaciones de carga hasta 5 o 6 años (Smadi & Hussein, 2020; C40 Cities Finance Facility, 2020).

CAPÍTULO III: Movilidad Eléctrica para el sistema de transporte público en Manta – Ecuador

3.1. Electromovilidad en el transporte público del Ecuador

En Ecuador se han implementado planes piloto para el transporte público con vehículos eléctricos que van desde 2017 en ciudades como Quito y Cuenca sin que hasta el momento se emita un plan en concreto para una implementación sustancial. Actualmente en Guayaquil opera la mayor flota de buses eléctrica del país por parte de la cooperativa Saucinc, con 20 unidades que ofrecen un servicio más eficiente y sin provocar las fuertes emisiones de los buses diésel (Plataforma de Electromovilidad, 2021).

La adquisición de la flota eléctrica en Guayaquil se da por medio de una inversión de total de \$ 8 millones de dólares de la cooperativa Saucinc, conformada por un crédito financiero de \$7,6 millones de dólares otorgado por parte de la Corporación Financiera Nacional (CFN) a través del programa “Financiamiento de Movilidad Eléctrica” (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2021). En la compra se incluyen los costos por la instalación de los cargadores en la electrolinera construida en el parque Samanes con una inversión de \$600 mil dólares (El Comercio, 2019). La empresa BYD, que estuvo a cargo de la construcción de la electrolinera, se encarga de la operación de esta con un esquema de concesión a 20 años (Benoit, Armijos, Oriol, & Rojas, 2020).

3.2. Consumo energético del transporte en Ecuador

En lo referente a energía se manejan diferentes unidades de medida, entre las que encontramos por ejemplo el kWh y también el BEP (Barril Equivalente de Petróleo). En comparación, BEP contienen 42 galones de petróleo, lo que se convierte en 1.700 kWh de energía (Hayes, 2021).

La demanda energética de Ecuador se incrementó 36,2% misma que está representada en la contenida en BEP y la convertimos en kWh durante el período de análisis, pasando de 69 millones BEP en el año 2009 a 94,4 millones BEP en 2019. Desagregando a nivel de sectores de consumo de energía del año 2019, el transporte presentó un consumo energético de 46.4 millones de BEP, casi un tercio del consumo total; por lo que, se mantiene como el sector de mayor intensidad energética. Le siguen la energética consumida del sector industrial con 13,2 millones de BEP y la del sector residencial con 12,6 millones de BEP. (Ministerio de Energía

y Recursos no Renovables, 2019). Con la implementación de la electromovilidad se puede realizar un consumo más eficiente de energía en el sector transporte.

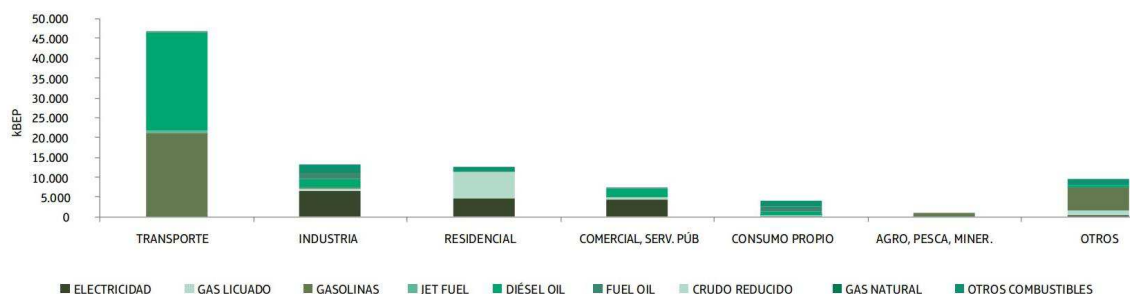


Figura 28 Consumo de energía por sector y fuente (Ministerio de Energía y Recursos no Renovables, 2019)

3.3 Emisiones de CO₂ por la generación de electricidad del Sistema Nacional Interconectado

Debido a que una parte del Sistema Nacional Interconectado (SNI) está conformada por un Parque de Generación Térmica, que como se muestra en la figura 29 el cual compone el 16,46% de total de la generación eléctrica del Ecuador (Ministerios de Recursos y Energía, 2019), será necesario observar la evolución del impacto ambiental por emisiones de CO₂ que tendrá consumo energético ecuatoriano y además en conjunto con la carga que representa la implementación de EVs para el STP (Sistema de Transporte Público).

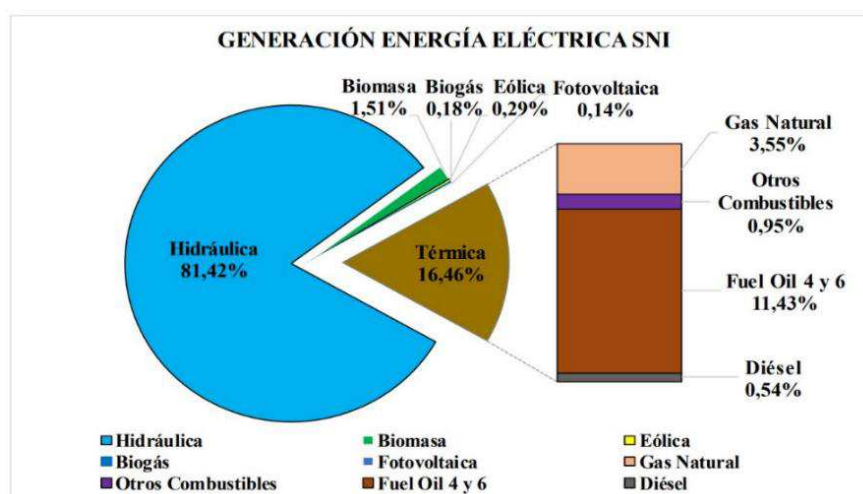


Figura 29 Participación porcentual de Parque Generador del SNI. Tomado de (Paredes & Pozo, 2020)

Según los factores de emisión por cada tipo de combustible utilizado en la generación eléctrica por centrales térmicas, los cuales son: diésel (262,36 tCO₂/GWh), Fuel Oil 4 (271,80 tCO₂/GWh) y 6 (263,88 tCO₂/GWh), Gas Natural (195,48 tCO₂/GWh), Nafta (249,48 tCO₂/GWh), y por último Bunker (263,88 tCO₂/GWh) (Generalitat de Catalunya , 2011). Se estima entonces que en 2020 por los 27.328,01 GWh generados por el SNI se produjeron 1.145.317 tCO₂ de emisiones por el Parque Generador Térmico del SNI. Equivaliendo entonces a que, por cada GWh de energía producida en Ecuador se arroja al ambiente un promedio de 41,91 tCO₂. (Paredes & Pozo, 2020)

Tabla 4 Estimaciones de emisiones de CO₂ generadas por el SNI en 2020. Elaboración Propia con datos de (Ministerios de Recursos y Energía, 2019)

Tipo de combustible	Factor de Emisión [tCO₂/GWh]	Porcentaje de contribución térmica [%]	Emisiones del SNI en 2020 [tCO₂]
Diesel	261,36	0,54	37.566
Fuel Oil 4 y 6	271,80 / 263,68	11,43	795.308
Gas Natural	263,88	3,55	246.930
Nafta y Bunker	195,48 / 249,48	0,95	65.512

*Cálculos realizados con el total de energía eléctrica generada durante el 2020 (27.328,01 GWh)

3.4 Comparativa del consumo energético y emisiones de buses a diésel versus buses eléctricos del transporte público en Ecuador

En el año 2019 el número de autobuses para transporte público matriculados en Ecuador fue de 27.459 unidades (INEC, 2019). Para determinar el consumo energético se analizan buses de 12 metros de largo del transporte público de Quito, que operan con un rendimiento de 8,15 km/galón de diésel (GSD, 2017). Tomando en cuenta por su composición que el poder

calorífico del diésel Premium comercializado en Ecuadores revisado por (Paredes L. , 2019) y en concordancia con (The Engineering ToolBox, 2003) es de 35,86 MJ/l, que se puede representar en un valor energético de 37,71 kWh por cada galón consumido. Concluyendo entonces que por cada km recorrido de un bus diésel se consume 4,62 kWh de energía. Además, por cada GWh producto de la quema del combustible para el movimiento de unidades de transporte se generan 262,02 tCO₂. (Paredes & Pozo, 2020; Generalitat de Catalunya , 2011; Ortíz, 2014) .

Tabla 5 Factores de consumo energético y de emisiones por transporte a diésel. Datos obtenidos en la investigación

Factores de Transporte Diésel		
Galones de diésel por km	0,1227	gal/km
Energía por galón de diésel	37,71	kWh/gal
Emisiones de CO₂	262,02	tCO ₂ /GWh

Según (Ministerios de Recursos y Energía, 2019) el consumo de diésel para el transporte del año 2019 fue de 942 millones de galones, siendo un 6,2% (58,4 millones de galones) destinado para el transporte de pasajeros colectivo (buses). En términos energéticos, con conversión, el consumo estimado de diésel para el transporte público para ese año representó 2.202,26 GWh.

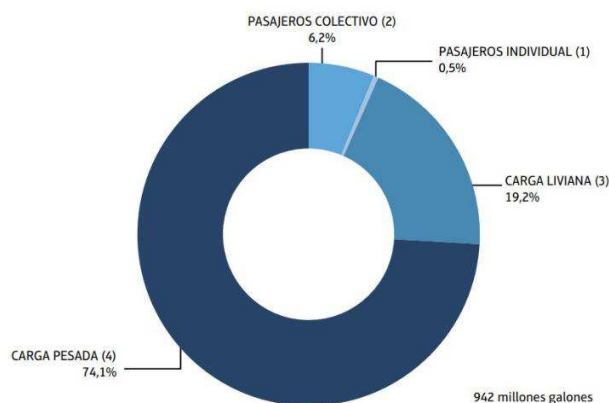


Figura 30 Consumo de diésel por tipo de vehículo, tomado de (Ministerios de Recursos y Energía, 2019).

Con la conversión de rendimiento de buses de km por galón de diésel mencionada con anterioridad el resultado es un estimado de 475.960.000 km recorridos se conocen mediante la conversión de la energía consumida y la tasa de rendimiento promedio de los buses mencionada en los párrafos anteriores por el transporte público, estimando que cada unidad realizó un recorrido promedio de 17.345 km.

En lo referente a los buses eléctricos, se ofertan varios modelos en el mercado internacional con similares proporciones físicas a los usados en el transporte convencional (12 metros de largo), los cuales se muestran a continuación. Se debe considerar además que el rendimiento o consumo energético varía por diferentes factores como el clima, humedad, manera de conducción, uso de aire acondicionado, etc. (Pamula & Pamula, 2020)

Tabla 6 Modelos y características de buses eléctricos en el mercado (12 metros). Según datos de fabricantes.

MARCA	BLUE BUS	CAETANO BUS	HEULIEZ BUS	ELECTRON CORP.	HUNAN CRRC	RAMPINI CARLO	ŠKODA ELECTRIC A.S.	BYD	EBUSCO B.V.
MODELO	12 m	e.City Gold	GX 337 ELEC	E19 electric	TEG6125BEV 03	E12	Skoda Perun HE	K9G	2.1 HV LF-311-HV-2/3
Velocidad Máxima (km/h)	70	70	80	70	70	70	70	100	80

Autonomía (km)	320	200	200	200	241,2	125	322	250	264,35
Capacidad de Bateria (kWh)	240	250	349	225	201	180	230	324	311
Consumo Energético (kWh/km)	1,33	1,25	1,75	1,125	1,2	1,44	1,4	1,3	0,85

Con los datos de consumo energético que se tienen de los datos recogidos por diferentes modelos (tabla 6) y varios reportes al respecto (Pamula & Pamula, 2020; VIRICITI, 2020; International Energy Agency, 2018), se puede concluir que los autobuses eléctricos tienen un consumo energético promedio de 1,3 kWh/km, similar a los llegados a finales del año 2020 que circulan Guayaquil de la marca BYD, modelo K9 (BYD, 2019).

De los estimados 475.960.000 km recorridos por los buses a diésel en 2019, se calcula que con el rendimiento que los buses eléctricos solo se necesitarían 618,75 GWh para realizar el mismo trabajo, resultando un consumo energético aproximado de 3,5 veces menos.

La electromovilidad es únicamente responsables de la contaminación de CO₂ que se emite es debido al uso de centrales térmicas para la generación de la energía, como se revisó en el inciso anterior, en Ecuador se emiten 41,91 de tCO₂ por cada GWh producido.

Tabla 7 Factores de consumo energético y de emisiones por transporte eléctrico. Datos obtenidos en la investigación

Factores de Transporte Eléctrico		
Energía por kilómetro recorrido	1,3	kWh/km
Emisiones de CO₂ por el SNI	41,91	tCO ₂ /GWh

Haciendo una relación según los datos obtenidos, en Ecuador un bus a diésel consume 3,55 veces más energía y genera 6,25 veces más emisiones de CO₂.

Con los datos mostrados en las tablas anteriores, se pueden realizar las respectivas estimaciones de cálculos para las proyecciones de consumo energético y contaminación debido al Transporte Público para una determinada zona con unidades a diésel y eléctricas.

3.5 Vida útil de unidades de transporte publico

La (Agencia Nacional de Tránsito, 2015) dispuso que se establece los siguientes tiempos para la aplicación de la vida útil de los buses urbanos de transporte público a nivel nacional es de 20 años.

Tabla 8 Vida operativa de unidades de transporte. Tomado de (Agencia Nacional de Tránsito, 2015)

MODALIDAD DE TRANSPORTE	CLASE DE VEHÍCULO	TIPO DE VEHÍCULO	VIDA OPERATIVA
Interprovincial	Autobús	Bus	20
		Bus tipo costa.	20
		Minibus super ejecutivo	10

Se debe señalar que en agosto de 2021 se aprobó una reforma en la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial (Registro Oficial - Quinto Suplemento N° 512, 2021) se aumenta por única vez la vida útil de los buses interprovinciales aumentó 5 años para aquellos vehículos que vencían en 2020 y 4 años a vehículos que vencen en 2021. Esta ampliación se da debido a un pedido de los gremios de la transportación, ya que las unidades de transporte público continúan envejeciendo y no existe capital para nuevas inversiones como resultado de la pandemia que empezó desde 2020 en el país. Además, se menciona que no existió ninguna revisión técnica para la extensión de la vida útil de las unidades, lo que incluso pueda poner en riesgo a los pasajeros por las mayores probabilidades de fallas del vehículo (El Comercio, 2021).

3.6 Leyes y ordenanzas nacionales a favor de los vehículos eléctricos en Ecuador

En consideración a (Constitucion de la República del Ecuador, 2008), el estado deberá promover la eficiencia energética, incluyendo el desarrollo para uso de prácticas y

tecnologías ambientales limpias con el fin de no poner en riesgo la población y el ecosistema. Por este motivo en el año 2015 Ecuador se unió en el Acuerdo de París en busca de mitigar el cambio climático.

En el Acuerdo de París (United Nations, 2015), del cual el Ecuador firmó en julio del 2016 y fue ratificado su compromiso por medio del Decreto Ejecutivo Nro. 98 el 2017 inscrito en el (Corte Constitucional del Ecuador, 2021), se pactó realizar cambios en las políticas de los países para frenar el rápido cambio climático y así evitar que la temperatura a nivel mundial este por encima de los 2°C (European Commission, 2015). Así mismo, los países más desarrollados se comprometieron a apoyar a los países en desarrollo en la reducción de emisiones y ante los estragos del cambio climático. Además, también buscan circular 100.00 millones US dólares al año en 2020 y ampliar la medida hasta 2025. Después de ese tiempo se plantean realizar revisiones con el fin de establecer mayores objetivos.

En Ecuador se han dado iniciativas para mejorar la eficiencia energética y alcanzar un alto nivel tecnológico en el país, debido a ello se ha logrado aumentar el ahorro y los beneficios por optar hacia la electromovilidad. Las más importantes se describirán a continuación.

- *Incorporación de Vehículos Eléctricos para el transporte público desde 2025*

En la Ley Orgánica de Eficiencia Energética aprobada en 2019 (Suplemento - Registro Oficial No. 449, 2019) menciona que, a partir del año 2025 todos los vehículos que se incorporen al servicio de transporte público urbano e interparroquial, en el Ecuador continental, deberán ser únicamente de medio motriz eléctrico. De esta manera se abre paso a nuevas tecnologías a implementarse y desarrollarse en el país.

- *Exoneración tributaria para vehículos eléctricos, baterías, cargadores y servicios de carga*

Los EVs, baterías y cargadores en el país tienen tarifa cero de IVA por transferencias e importaciones en la Ley de Régimen Tributario Interno, LRTI (Registro Oficial - Suplemento 463, 2018). Además, también quedan exentos de impuestos a los consumos especiales (ICE) por medio de la Ley para Fomento Productivo, Atracción Inversiones Generación Empleo (Registro Oficial - Suplemento 309, 2018), esto dio paso para que El Pleno del Comité de Comercio Exterior (COMEX) apruebe la exoneración total de aranceles para la importación para uso particular, transporte público y de carga a los vehículos eléctricos, baterías y cargadores (Cómite de Comercio Exterior, 2019). De esta manera se aumentan los beneficios

en para la electromovilidad en Ecuador y se promueve la adopción de tecnología más limpia, moderna y eficiente.

Tabla 9 Tarifas de tributarias para vehículos eléctricos y componentes. Obtenido de leyes de Ecuador, 2021.

Componentes	Tarifa	
	Tributaria (IVA, ICE)	Tarifa de Aranceles
Vehículos eléctricos	0%	0%
Cargadores para electrolineras	0%	0%
Baterías de vehículos eléctricos	0%	0%

- *Incentivos viales por el uso de vehículos eléctricos*

En la reforma a la Ley Orgánica de Transporte Terrestre Transito Y Seguridad Vial (Registro Oficial - Quinto Suplemento N° 512, 2021), se declara de interés público el uso de energías renovables para el fortalecimiento de la transportación y la movilidad, por lo que se generan nuevos incentivos para los vehículos eléctricos en el país, los cuales deberán incorporar una matrícula vehicular emite por la Agencia de Regulación y Control del Trasporte Terrestre que permita identificarlos.

Se menciona también que el Gobierno Central o los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), dentro de sus competencias, deberán desarrollar y promover inventivos para el impulso de la electromovilidad.

Se establece además que los vehículos eléctricos no tendrán restricciones de circulación a nivel nacional, salvo el caso de emergencia o seguridad, y tendrán gratuidad en zonas tarifadas para espacios de parqueo.

- *Comercialización de electricidad para carga de vehículos eléctricos*

Mediante la Ley Orgánica de Eficiencia Energética (Suplemento - Registro Oficial No. 449, 2019), se dispone que la comercialización de electricidad para la carga de vehículos eléctricos en Ecuador puede ser ofrecidos por personas naturales o jurídicas que hayan sido previamente habilitadas por contrato con las empresas eléctricas de distribución correspondiente. Además, se menciona que el costo de carga será fijado y limitado en base a estudios tarifarios propios por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) (Ministerios de Recursos y Energía, 2019).

A través de una resolución aprobada en noviembre de 2020 por ARCONEL, se establecieron las condiciones técnicas y contractuales para la firma de contrato entre las empresas distribuidoras de energía eléctrica y la institución o persona que busque realizar la comercialización de la carga de vehículos eléctricos. (Agencia de regulación y control de energía y recursos naturales no renovables, 2020) . Entre los aspectos más destacados que debe contener del modelo de contrato establecido se mencionan: las características del suministro de servicio de energía de la distribuidora a la estación de carga, características de la estación de carga, condiciones de pago por consumo de energía y potencia de estación de carga, derechos y obligaciones de ambas partes, infracciones y sanciones, entre otras.

3.7 Esquema tarifario para vehículos eléctricos en Ecuador

En 2017 la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) implementó el primer pliego tarifario para las empresas eléctricas de distribución con demanda horarios diferenciada para la carga de vehículos eléctricos tanto en medio voltaje para estaciones de carga rápida, como en bajo voltaje (ARCONEL, 2017). Los valores en medio voltaje se aplican solo para cargas de hasta de 10 kW, por lo que para los buses eléctricos se toma la tarifa en media tensión con registrador de demanda horaria para recarga de vehiculos. Los valores mostrados a continuación (tablas 10 y 11) se han mantenido desde entonces hasta la actualidad, además de los valores respectivos para la comercialización por terceros (ARCONEL, 2021).

Tabla 10 Valores comerciales para la carga de vehículos eléctricos en medio voltaje - Estación de carga rápida. Datos de (ARCONEL, 2021)

ESTACIÓN DE CARGA RÁPIDA / MEDIO VOLTAJE				
Días	Horario	Demanda (USD/kW-Mes)	Energía (USD/kWh)	Comercialización (USD/Consumidor)
Lunes a viernes	8am a 6pm	4.05*	0.069	1.414
Lunes a Domingo	6pm a 10pm		0.086	
Lunes a Domingo	10pm a 6am		0.043	
Sábado a Domingo	8am a 6pm		0.043	

Tabla 11 Valores comerciales para la carga de vehículos eléctricos en bajo voltaje- carga domiciliaria. Datos de (ARCONEL, 2021)

CARGA DOMICILIARA / BAJO VOLTAJE				
Días	Horario	Demanda (USD/kW-Mes)	Energía (USD/kWh)	Comercialización (USD/Consumidor)
Lunes a viernes	8am a 6pm	4.05*	0.08	1.414
Lunes a Domingo	6pm a 10pm		0.10	
Lunes a Domingo	10pm a 6am		0.05	
Sábado a Domingo	8am a 6pm		0.05	

Los valores de las tarifas son establecidos por la ARCONEL a base de los estudios tarifarios propios (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2021). Es necesario señalar que para el usuario del servicio eléctrico público que desee acceder de la tarifa diferenciada para la carga en bajo voltaje deberá de realizar la instalación de un medidor exclusivo para el conteo de energía consumido del vehículo eléctrico, como se muestra en el diagrama de la figura 31, cuyo valor estará a cargo del usuario (ARCONEL, 2015).

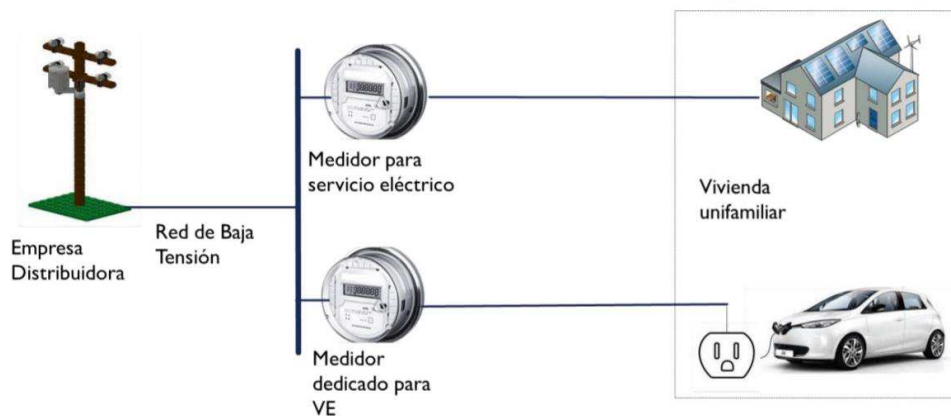


Figura 31 Representación de conexión de medidor adicional en vivienda para carga de vehículo eléctrico en bajo voltaje, tomado de (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2021).

Según datos comerciales aportados por parte de BYD acerca del valor y tiempo recarga de los vehículos eléctricos en la primera electrolinera del país, la cual empezó sus funciones desde noviembre de 2019 y está ubicada en Guayaquil, indica que el valor para la recarga del 100% de un taxi eléctrico modelo E5 es de 9 US dólares y se realiza en un tiempo de 1,15 horas. Mientras que, para los buses eléctricos como el modelo K9, el valor de una recarga del 100% será de 24 US dólares, y con un tiempo de 3.5 horas (BYD, 2019).

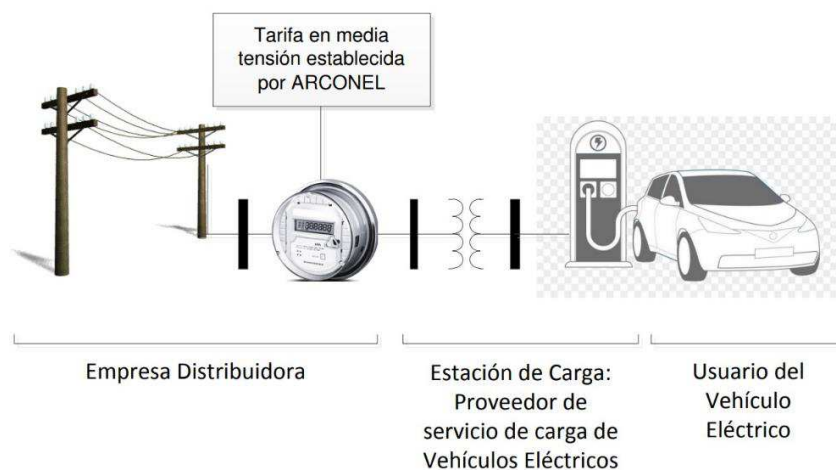


Figura 32 Representación de conexión de medidor para una electrolinera, tomado de (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2021)

3.8 Cantón Manta – Manabí

Manta, es la ciudad más desarrollada de la provincia de Manabí, y una de las ciudades más importantes del país por ser el primer puerto marítimo del Ecuador. Ubicado en la saliente más occidental de Latinoamérica, cuenta con una superficie territorial de 306 kilómetros cuadrados conformados por siete parroquias, cinco urbanas y dos rurales. Según describe (GAD MANTA, 2015), según el Acuerdo Ministerial No. 557-2012, Manta se encuentra en la Zona 4 del país, distrito 13D02, que comprende además los cantones Montecristi y Jaramijó

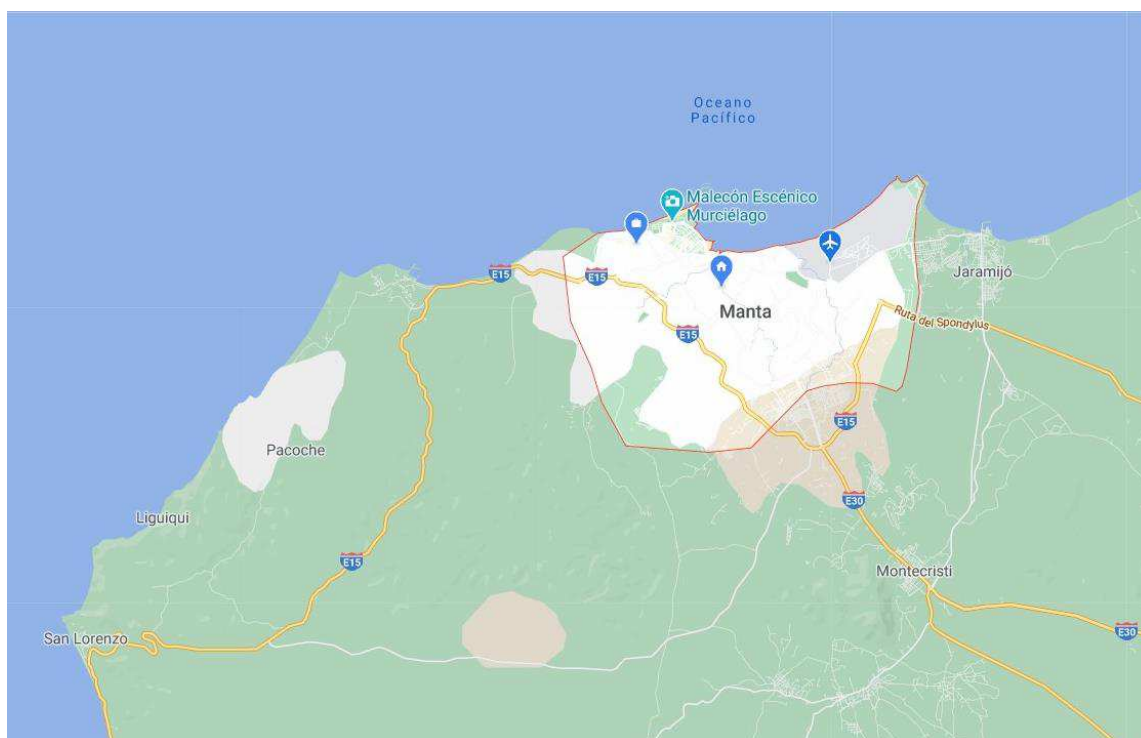


Figura 33 Mapa del del Cantón Manta y sus alrededores. (Google, 2021)

La red vial del cantón contaba para 2014 con una longitud total de 349.94 km. Un 82,8% de calles locales y 17,2% en una red arterial.

En materia económica, debido al turismo y los negocios, se ubica como la tercera ciudad de mayor relevancia después de Quito y Guayaquil. (Ecuador explorer, 2019).

En 2010, Manta contaba con 234.547 habitantes con un asentamiento del 96.06% en la zona urbana (Intriago, 2019) . Según los datos de proyección por parte de (INEC, 2021), hasta 2020 la población sería de alrededor de 269.000 habitantes. Cerca de 30.000 personas diariamente se movilizan hacia la ciudad por temas de estudios y actividades económicas.

3.9 Demanda de energía eléctrica de Manta en el periodo 2010 – 2020

Según datos de (CNEL, 2021), el consumo eléctrico de energía eléctrica de la ciudad de Manta desde el año 2010 hasta el 2020 ha presentado una tendencia creciente como lo muestra la gráfica inferior.

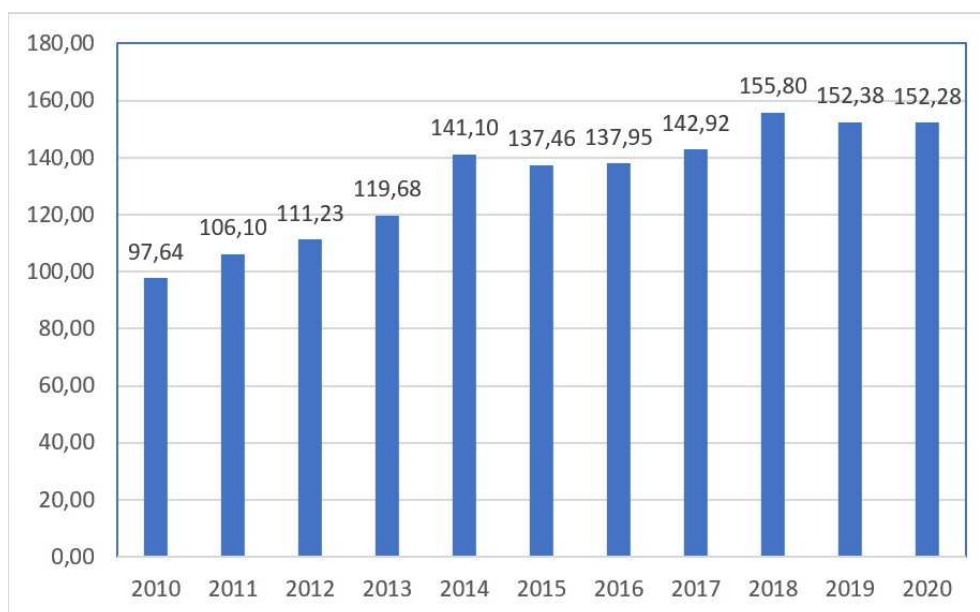


Figura 34 Consumo eléctrico de Manta en GWh en el periodo 2010 – 2020. Tomado de (CNEL, 2021)

El consumo en 2010 fue de 97,64 GWh, mientras que en 2020 fue de 152,28 GWh, aumentando aproximadamente un 156% en esa década. A pesar del terremoto en 2016, no se registró un cambio importante en la demanda energética y se muestra una tendencia al alza, por lo que se estima siga en aumento con la continua expansión de la ciudad.

3.10 Proyecciones oficiales de demanda eléctrica para los vehículos eléctricos en Ecuador en el periodo 2018 – 2027

CNELEP publicó un informe en 2017 denominado Plan Maestro de Electricidad (Ministerios de Recursos y Energía, 2019), en el cual se abarca proyecciones de demanda eléctrica para Ecuador hasta el año 2027. Las proyecciones consideran variables técnicas, económicas y

demográficas. Esto posibilita prever las futuras necesidades energéticas del país, con lo cual crear planes y desarrollar estudios para la extensión de los servicios eléctricos sin que el suministro constante y de calidad se vea afectado.

Tabla 12 Proyección de potencia y demanda eléctrica para electro movilidad en el Estudio de la Demanda Eléctrica del Plan Maestro (Ministerios de Recursos y Energía, 2019)

Proyecto	Unidad	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Metro-Quito	MW	-	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Metro-Quito	GWh	-	53	105	105	105	105	105	105	105	105
Tranvía-Cuenca	MW	-	1	2	3	3	3	3	3	3	3
Tranvía-Cuenca	GWh	-	2	6	11	11	11	11	11	11	11
Electromovilidad	MW	1,3	1,4	2	2	2	2	2	2	4	4
Electromovilidad	GWh	8	13	16	16	17	17	17	17	30	32
Vehículos Eléctricos	MW	0	0	1	2	2	3	5	6	6	7
Vehículos Eléctricos	GWh	1	3	9	17	21	30	42	49	56	63
Quito Cables	MW	-	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Quito Cables	GWh	-	3	9	10	10	10	10	10	10	10

Según se indica en las proyecciones del estudio antes mencionado, Electricidad (Ministerios de Recursos y Energía, 2019), debido a la importancia que se espera los vehículos eléctricos tomen a nivel nacional en los próximos años, se tuvo en consideración su implementación en Ecuador ya que es necesaria la previsión de la necesidad de potencia y energía. En la tabla 12 se puede observar que se establece 7 MW de potencia y 63 GWh de energía hasta el año 2027.

3.11 Proyecciones oficiales de demanda eléctrica para la provincia de Manabí

Como se muestra en la tabla 13, las proyecciones obtenidas del Plan Maestro de potencia y energía eléctrica requerida en las barras de subestaciones de entrega por la empresa de CNEL para la distribución y abastecimiento de la provincia de Manabí previsto para 2027 sería de 424 MW y 3.008 GWh respectivamente. Es decir que, el incremento de potencia eléctrica para la provincia llegaría a alcanzar un aumento del 140,4% con respecto al año 2018. De

igual manera, la energía para necesaria para un servicio fiable en los niveles alto, medio y bajo de voltaje, y considerando las perdidas correspondientes, se incrementarían un 152,45%.

Tabla 13 Proyecciones de requerimiento eléctrico Potencia (MW) y Energía (GWh) de Manabí en el Estudio de la Demanda Eléctrica del Plan Maestro (Ministerios de Recursos y Energía, 2019),

Empresa	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
POTENCIA (MW)										
CNEL-Manabí	302	315	330	344	360	373	386	398	411	424
ENERGÍA (GWH)										
CNEL-Manabí	1.973	2.064	2.175	2.300	2.435	2.552	2.663	2.775	2.889	3.008

3.12 Transporte Público de Manta

El transporte público es parte esencial del funcionamiento de la ciudad, permite el desplazamiento de más personas en menos espacio, disminuyendo el tráfico y la contaminación.

En Manta desde el 2001 la Federación de Organizaciones de Transporte Urbano de Manta (FETUM) es la encargada de las actividades del transporte público de la ciudad. Según sus datos obtenidos por FETUM en 2021 (Anexos), en Manta existen 5 cooperativas de transporte, que cuentan con 181 unidades y que recorren 17 rutas por toda la ciudad. El ingreso de las unidades de transporte desde 2002 como se muestra en el grafico inferior, se fue dando de manera paulatina según la demanda de la ciudad, sustituyendo antiguos buses que ya no se encontraban en un correcto estado de funcionamiento. El mayor ingreso se registró en 2002 con 33 unidades nuevas, mientras que en 2008 no ingreso ninguna unidad y para 2020 apenas ingresaron 2 unidades.

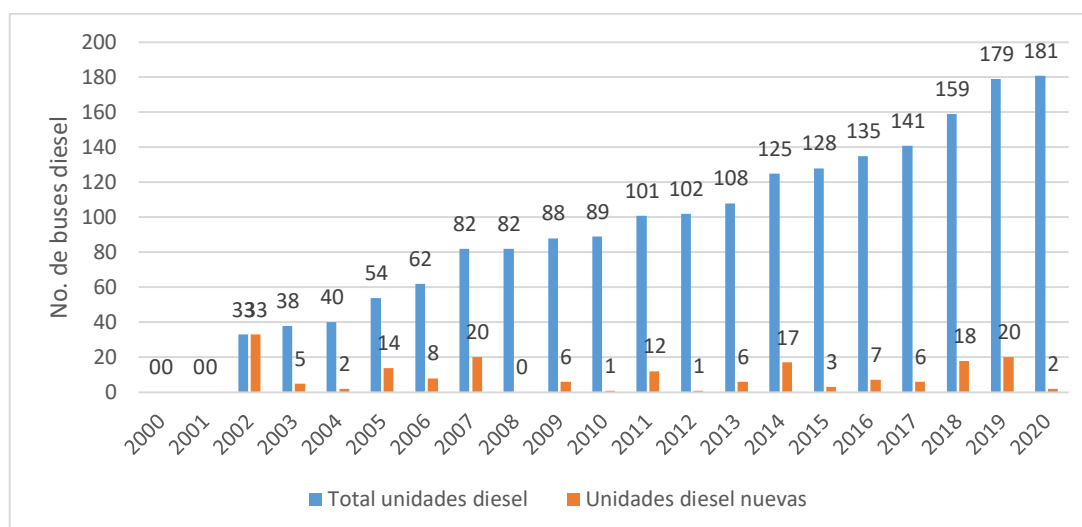


Figura 35 Unidades de transporte integradas en Manta 2000-2020. Según datos FETUM Según (Moovit, 2021), que recoge las rutas de servicio de las líneas de transporte de la ciudad y con corroboración por parte de FETUM, se puede conocer las distancias que son recorridas por las unidades de transporte público en Manta (Anexo 1), las cuales se muestra en la tabla inferior.

Tabla 14 Rutas de servicio de las líneas de transporte de Manta. Datos de (Moovit, 2021) en corroboración por FETUM

Línea	Recorrido	Km
1	Ciudadela 15 de Abril - Los Gavilanes	29,49
2	Complejo Deportivo - Parque del Recuerdo	18,21
3	Complejo Deportivo - Urbirrios II	17,4
4	Complejo Deportivo - La Pradera	13,89
5	Complejo Deportivo - Palo Santo	16,52
6	Complejo Deportivo - Ciudadela de la Aurora	11,21
7	Ciudadela Nueva Esperanza - Agencia Municipal de Tránsito	15,71
8	Complejo Deportivo - Leónidas Proaño	17,94
9	Complejo Deportivo - Ciudadela Costa Azul	15,94
10	Complejo Deportivo - Cielito Lindo	18,05
11	Complejo Deportivo - La Revancha	19,23
12	Complejo Deportivo - La Cumbres	14,16
13	Complejo Deportivo - La FAE	13,89
14	Complejo Deportivo - Cosase	14,43

15	Ciudadela los Geranios - San Juan	13,66
16	Complejo Deportivo - Ciudadela Montalván	14,09
17	Complejo Deportivo - Nuevo Terminal Terrestre	10,92

Se determina entonces que la distancia total de recorrido de todas las rutas de líneas de la FETUM en Manta es de 274,74 km; con un promedio de 16,16 km de recorrido por ruta, es decir, un trayecto de ida y vuelta promedio de 32,32 km. Según información proporcionada por la FETUM, cada bus recorre 6 trayectos ida y vuelta diarios; resultando un recorrido promedio de cada unidad de 193,93 km diarios (5.818,02 km mensuales y 69.816,28 km anuales).

3.13 Consumo energético del Transporte Público de Manta

Consumo de combustible por Unidad de Transporte Público

En la tabla inferior se muestra la estimación de consumo de energía diaria, mensual y anual de las unidades de transporte a diésel y eléctricas; para el cálculo respectivo se consideraron los factores de las tablas 5, 7 y el recorrido promedio de cada bus revisado previamente.

Tabla 15 Consumo de combustible y energía por unidad de transporte diésel y eléctrica. Elaboración propia.

	Diario	Mensual	Anual	Unidades
Diesel	16,31	495,59	5.932,10	gal
	891,34	26.920,09	323.041,13	kWh
Eléctrica	252,11	7.563,43	90.761,16	kWh

Se estima entonces que cada unidad a diésel consume 323.041,13 kWh anualmente, mientras que las unidades eléctricas requieren de apenas 92.021,74 kWh para realizar el mismo trabajo en el mismo periodo, lo que representa un ahorro energético del 71.5% en comparación.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

4.1 Proyección demanda eléctrica de Manabí hasta 2045

Con la demanda eléctrica que se pretende para Manabí hasta el año 2027 (RENOVABLES, 2019), y por medio de proyecciones de regresión lineal se establece que los valores de demanda de energía y potencia eléctrica hasta el año 2045 con se muestra en los gráficos a continuación.

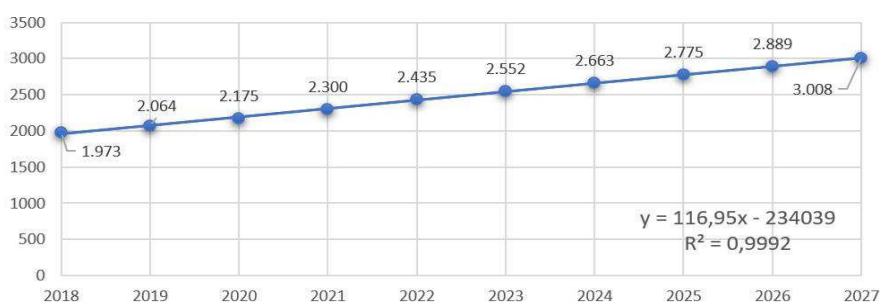


Figura 36 Requerimiento de energía eléctrica en GWh de Manabí en el periodo 2018-2027, Elaboración propia con datos de (RENOVABLES, 2019).

En la figura 36 se realiza una proyección sobre el requerimiento de energía eléctrica en la provincia de Manabí, para esto se ha trabajado en el periodo de 2018 a 2027, pues corresponden a los valores mostrados en el informe del Plan Maestro del Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables & Agencia de Regulación y Control de Electricidad. En la misma se observa que para el 2027 Manabí incrementara su consumo eléctrico de 2.300 GWh requeridos en 2021 a 3.008 GWh lo que representa un 30% más en el consumo generado. Además, podemos observar que el valor de R^2 o coeficiente de determinación es de 0,9992 lo que se traduce como un valor de variabilidad adecuado para establecer proyecciones a futuro con el método de regresión lineal con la formula generada por Excel.

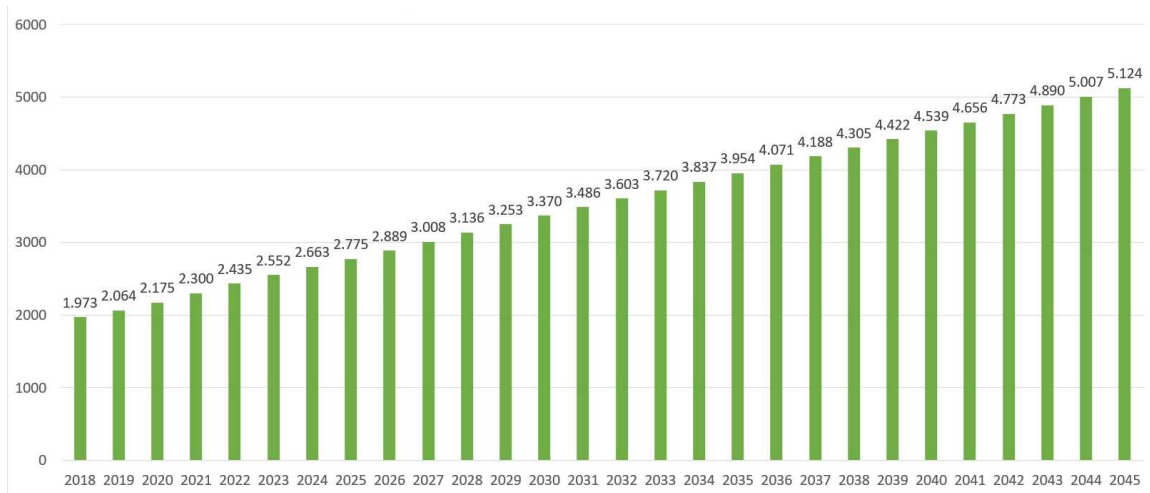


Figura 37 Proyección de requerimiento de energía eléctrica en GWh estimado para Manabí en el periodo 2018-2045. Elaboración propia con datos de (RENOVABLES, 2019).

La figura 37 muestra los valores de la proyección del requerimiento de energía eléctrica en el periodo 2018-2045, en el mismo se observa que para 2045 se necesitarán 5.124 GWh para cubrir el requerimiento energético de Manabí; en comparación a 2021 notamos un incremento del 122,78 % es decir más del doble de la energía consumida en la actualidad.

4.2 Proyección demanda eléctrica de Manta hasta 2045

La demanda eléctrica de Manta según los datos de obtenidos de CNEL en 2021, el consumo de Manta desde 2010 hasta 2020 ha crecido cerca de un 56% y muestra una tendencia creciente.

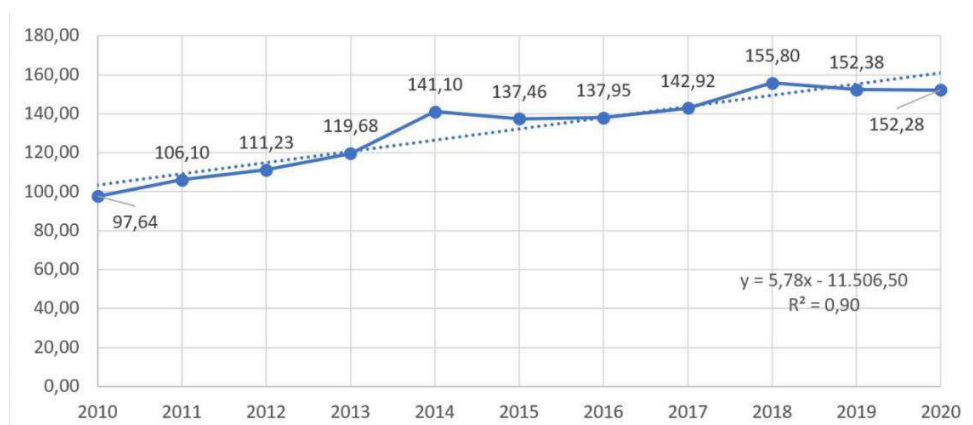


Figura 38 Proyección de requerimiento de energía eléctrica en GWh estimado para Manta en el periodo 2010 – 2020. Elaboración Propia con datos de CNEL

Con un R cuadrado de 0,90 se puede estimar proyecciones a futuro, conociendo además que la demanda eléctrica y de potencia instalada de la provincia se estima aumente para los siguientes años, es muy probable que los valores de la ciudad sigan la misma tendencia.

Con los datos obtenidos por se obtienen los valores de proyección en el gráfico a continuación correspondientes a la demanda de consumo de energía eléctrica de Manta hasta el año 2045.

La figura 39 muestra el requerimiento de energía eléctrica en GWh para la ciudad de Manta durante el periodo 2020-2045, mostrando que según proyecciones para 2045 se requerirán 313,6 GWh para suplir las necesidades eléctricas de Manta, lo que representa un incremento del 79.3% con respecto al consumo de 2021 que estima será de 174,9 GWh.

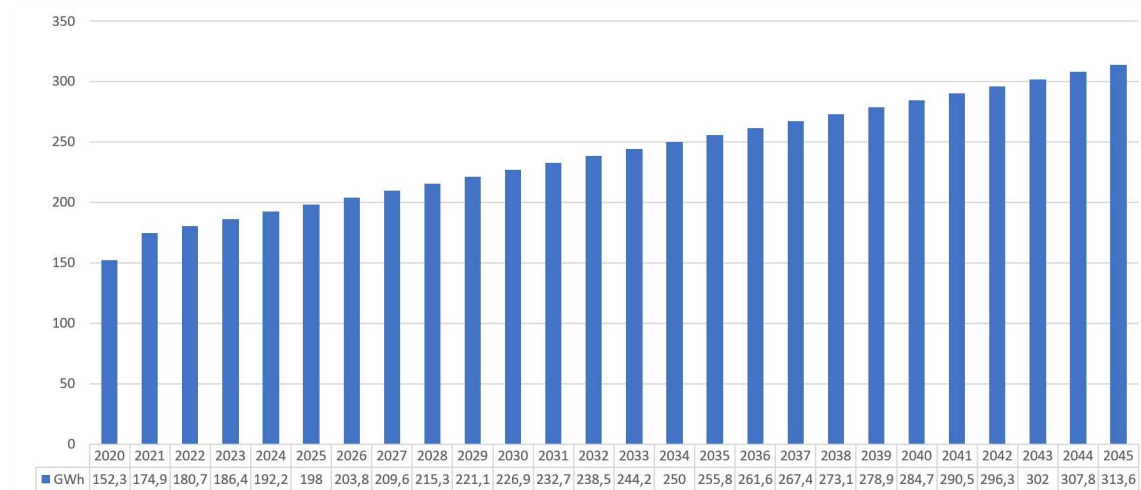


Figura 39 Proyección de requerimiento de energía eléctrica en GWh estimado para Manta en el periodo 2018-2045. Elaboración Propia Elaboración Propia con datos de CNEL

4.3 Proyección del parque automotor de vehículos para el transporte público en Manta hasta el año 2045

Para los cálculos a estimar se toman los datos de FETUM de ingreso de las unidades de transporte diésel desde el año 2000 hasta el 2020 sin tomar en consideración unidades existentes previamente. De ese modo se establecen los valores mostrados en la figura 40 por medio del método de regresión lineal. En la misma se observa que hasta 2020 han ingresado 181 unidades de transporte que utilizan diésel para la movilización pública.

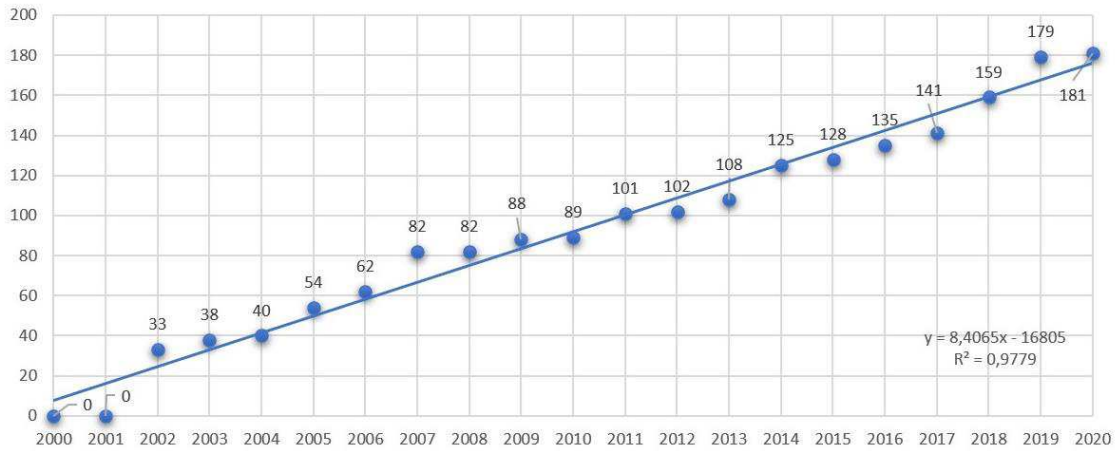


Figura 40. Unidades de transporte nuevas ingresadas a Manta 2000-2020. Elaboración Propia con datos de FETUM

En la figura 41 con una R^2 de 0,9779, se determina que para el año 2045 estarán en funcionamiento 386 unidades de transporte en Manta, de las cuales el 100% deberían ser eléctricas, acorde a lo estipulado en la Ley Orgánica de Eficiencia Energética de 2019, y el tiempo de vida útil de 20 años para los buses urbano de transporte público en la resolución No. 070-DIR-2015-ANT establecida en 2015. No se consideró la imposición del mandato de aumento de 5 años de vida útil a las unidades de transporte que cumplieran su tiempo en 2020 y 2021 por carecer de un criterio técnico para su implementación.

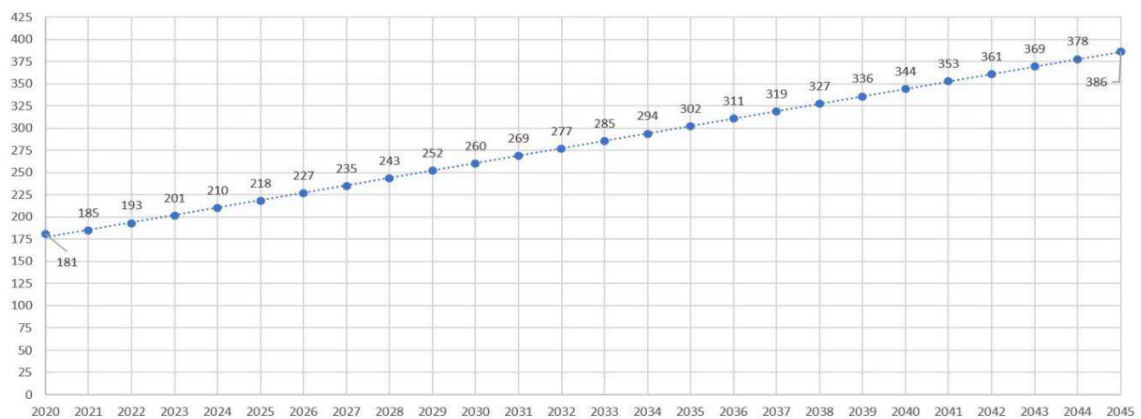


Figura 41 Proyección de la Unidades de transporte ingresadas a Manta 2020-2045. Elaboración Propia

4.4 Estimaciones de materia económica por integración de unidades eléctricas al Sistema de Transporte Público de Manta

El análisis económico por la implementación de vehículos eléctricos al transporte público de Manta será revisado en dos puntos. En el primero (4.4.1) se revisará la tasa de retorno que implicaría la adquisición de una unidad de transporte público eléctrico, tomando en cuenta los ingresos y egresos promedios que tiene una unidad actualmente. De esa manera se podrá determinar el periodo de retorno de la inversión.

En el segundo punto (4.4.2) se generará un escenario con una inserción progresiva anual del 25% desde 2021 hasta 2025, considerando costos de: unidades de transporte diésel y eléctricas, combustibles y mantenimientos. De esta manera se revisará si existe factibilidad económica para realizar un cambio a corto plazo de tecnología en el transporte.

El análisis financiero tiene las siguientes características:

El valor por la unidad eléctrica K9, la cual se encuentra en funcionamiento en la ciudad de Guayaquil y otras ciudades más del país, se calcula con un promedio de \$ 360.000 (El Comercio, 2019; Pierantonelli & Quintanilla, 2019), el promedio del costo de la electricidad por kWh según el pliego diferenciado se calcula en \$0,08 USD (ARCONEL, 2019) y la frecuencia de mantenimiento por cada 10.000 km con un costo de \$0,05 USD por kilómetro (BYD, 2019).

Por otro lado, las unidades diésel bus tipo se analizan un valor promedio de \$122.000 USD (Alcaldía de Quito, 2017), con un costo del diésel de \$1,60 USD por galón y una frecuencia de mantenimientos por cada 5.000 km con un valor de \$ 0,30 USD por kilómetro (El Comercio, 2019; BYD, 2019).

4.4.1 Tasa de retorno por la adquisición de una unidad de transporte público eléctrico

Se calcula el Valor Actual Neto de la inversión y la Tasa Interna de Retorno (TIR)

Formulas VAN y TIR

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Donde:

VAN es el valor anual neto del proyecto

I_0 es la inversión inicial del proyecto.

n el número de años para los que se realiza el estudio.

F_1, F_2, F_n , es el flujo de dinero de cada periodo.

k la tasa de interés en caso de existir algún préstamo.

Para calcular la tasa interna de retorno la fórmula es parecida.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1 + TIR)} + \frac{F_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1 + TIR)^n} = 0$$

Donde TIR se calcula y se compara con la k de la fórmula principal del VAN, si es mayor a 0 el proyecto es viable. Los resultados se muestran en la gráfica inferior.

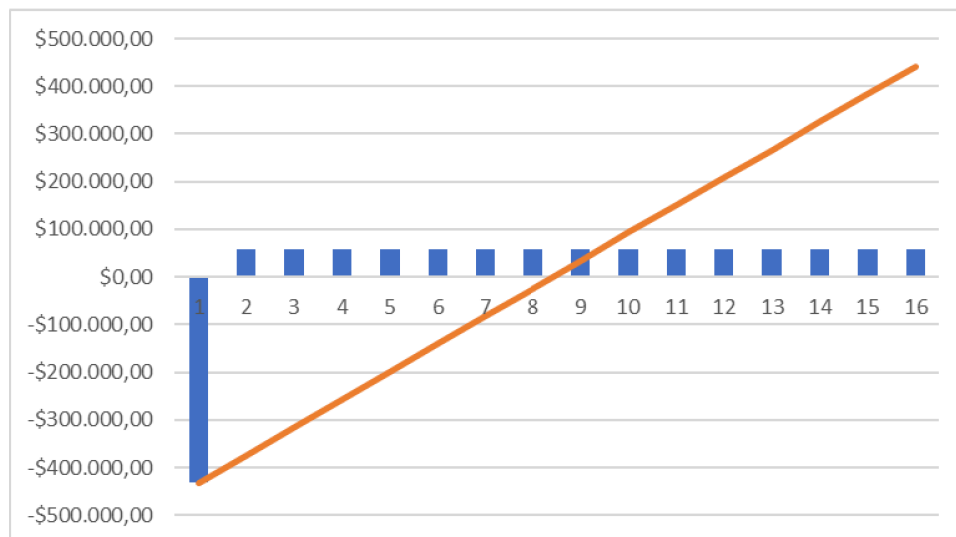


Figura 42 Años de recuperación de la inversión por la compra de un bus eléctrico con precio actual. Elaboración Propia

Sacando el VAN por la compra de una unidad eléctrica da como resultado \$207.173,38 y la TIR de 10%, con estos datos iniciales se obtiene un regreso de la inversión en menos de 9 años, concluyendo que el proyecto es económicamente viable en ese tiempo.

4.4.2 Escenario propuesto de implementación de flota eléctrica del 0% al 100% con incremento anual de 25% desde el 2021 hasta el 2025

Con los valores obtenidos por FETUM y las proyecciones realizadas se genera un escenario de participación para la transportación eléctrica desde el año 2021 con un incremento del 25% anual de inserción hasta 2025. Se incluyen los valores por el costo de renovación de flota combustible y mantenimientos. Se evalúan los valores de mantenimiento en base a los kilómetros promedios calculados en 69.816,28 km que son recorridos por los buses del STP y los costos de mantenimiento por kilómetro recogido de ciertas fuentes.

Este escenario se compara con los datos obtenidos por el ingreso con unidades únicamente diésel.

Escenario: Adquisición de flota, combustibles y mantenimientos.

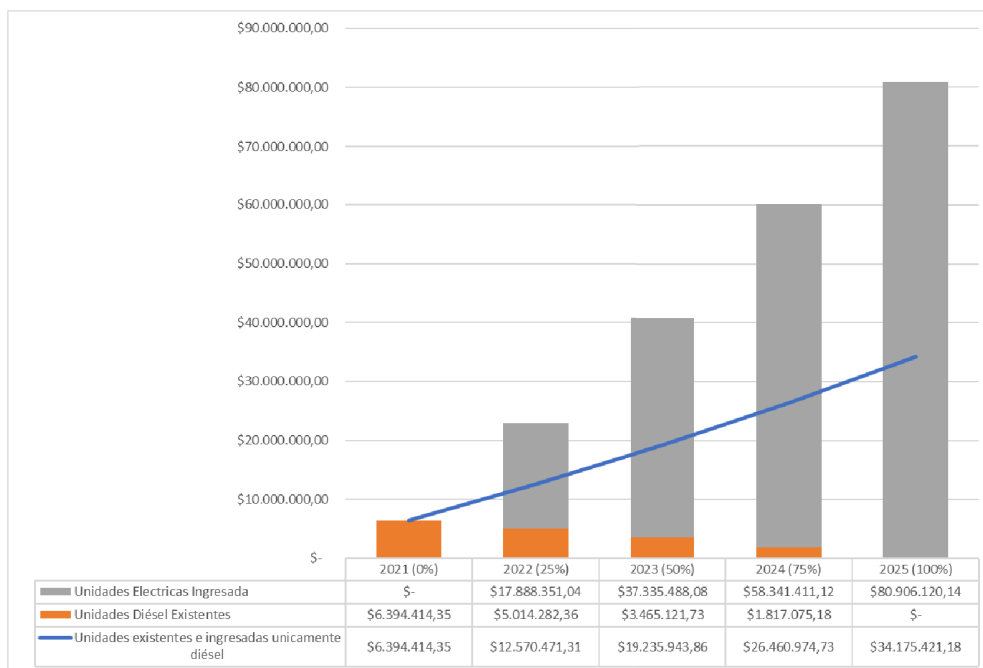


Figura 43 Escenario: Costo por flota, combustible y mantenimientos del Sistema de Transporte Público de Manta. Elaboración Propia

Para 2021 se describe un escenario con costos de flota existente de buses diésel, mantenimientos y combustible, generaría un valor cercano a los \$ 6.350.000 USD. En 2022 con un planteado ingreso del 25% de unidades eléctricas, el valor por flota, combustible y mantenimientos asciende un 82% en comparación a si los ingresos de la flota fueran únicamente con unidades diésel. En 2023, con un 50% de unidades eléctricas, el valor de se incrementa a más del doble, un 112% en comparación. Para el año 2024, el costo por inserción del 75% los buses eléctricos en comparativa con los a diésel sería de un 127,3%. Finalmente, para el año 2025 con el 100% del transporte realizado solo unidades eléctricas, se estima un incremento por el valor adicional del 136% en comparación a si en la flota solo se hubieran ingresado unidades diésel.

4.5 Ingreso y salida de Unidades de Transporte Público de Manta 2024 – 2045

En el gráfico a continuación se muestra la proyección estimada del número de unidades diésel y eléctricas de TP que deben ingresar y salir de funcionamiento en Manta desde el año 2024 hasta 2045, se observa que a medida que transcurre el tiempo se incrementan el total de unidades en funcionamiento. Disminuyen las unidades a diésel, que terminarían su vida útil, e incrementan las unidades eléctricas necesarias para la correcta movilidad de la ciudadanía mantense.

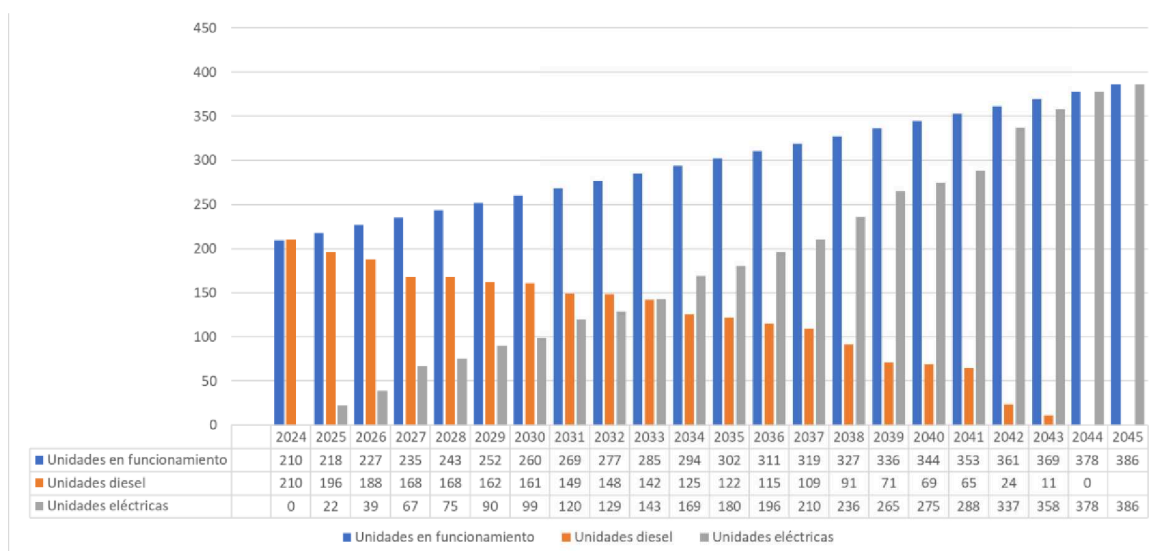


Figura 44 Proyección de Unidades de Transporte a diésel y eléctricas durante el periodo 2024-2045. Elaboración Propia

La figura 44 muestra la proyección de ingreso de unidades de transporte a Manta, en el mismo se observa que para 2024 existirán 210 unidades de transporte a diésel en funcionamiento, mientras que las unidades eléctricas se mantendrán en cero, esto cambiara para 2025 cuando las unidades a diésel se reducirán a 196 y las unidades eléctricas tendrán su ingreso al parque automotor con 22 unidades; de aquí en adelante las unidades a diésel se irán reduciendo año con año y las eléctricas tomaran fuerza. Para 2043 las unidades a diésel apenas mantendrán 11 unidades en funcionamiento, mismas que dejaran de funcionar al año siguiente; mientras que para el mismo año las unidades eléctricas ya serán 358 y continuaran incrementándose hasta 2045 llegando a las 386 unidades.

4.6 Electrolinera: Características técnicas, calculo de cargadores y de demanda

Para la construcción de una electrolinera se toma en cuenta la instalación de un centro de transformación que será conectada a la red eléctrica por medio de una red subterránea, la misma que debe regirse a la normativa establecida por CNEL EP para los diseños eléctricos. (CNEL EP, 2020).

El centro de transformación deberá contar con uno o varios transformadores trifásicos (60 Hz) que por medio de estudios técnicos serán dimensionados para la demanda estimada. La relación de transformador deberá ser de 13800/400 V utilizado para las estaciones de carga y un transformador monofásico de 400/220 V para los sistemas de iluminación y el área de servicio a parte. También, debe instalarse en una planta baja de fácil acceso que permita realizar las inspecciones y mediciones por parte de la compañía distribuidora.

A continuación, se muestran diferentes modelos de estaciones de carga rápida con sus respectivas características.

Marca	Ilustración	Características
ABB Terra 53 CJG		Compatibilidad con estándares CHAdeMO, CCS (combo) y AC Tipo 2 Potencia de: 50 kW CCS, 50 kW CHAdeMO, 43 kW AC Frecuencia 50 Hz
INGETEAM Ingerev Rapid 50		Compatibilidad con estándares CHAdeMO, CCS, y AC Tipo 2 Potencia de: 50 KW CCS, 50 kW CHAdeMO, 43 kW AC Frecuencia 50 Hz
Schneider Electric EVlink		Compatibilidad con estándares CHAdeMO, CCS, y AC Tipo 2 Potencia de: 50 KW CCS, 50 kW CHAdeMO, 43 KW AC Frecuencia 60 Hz
TESLA Supercharger		Compatibilidad con estándares TESLA, AC Tipo 2 Potencia de: 90 kW AC Frecuencia 50 – 60 Hz

Figura 45 Modelos y características de estaciones de carga rápida

4.6.1 Metodología para el cálculo de la cantidad de cargadores

El cálculo para conocer la infraestructura necesaria para la carga de los buses eléctricos del transporte público toma en consideración las proyecciones del parque automotor y la transición hacia la electromovilidad.

Para el cálculo de la relación de estaciones de carga pública por la cantidad de buses eléctricos en el transporte público de la ciudad, se utiliza la metodología suministrada en el estudio “Desarrollo de un modelo de evaluación para la predicción de estaciones de carga de vehículos eléctricos públicos” (Viswanathan, y otros, 2018). En este estudio, considera diferentes factores como la distancia promedio recorrida por día, la autonomía de los EVs, la capacidad de la batería y velocidad media, entre otros factores que se detallarán a continuación:

$$\frac{N}{L} = \frac{P_L \cdot T_L}{B/E \cdot D}$$

Donde; N es la cantidad de EVs; L es la cantidad de puntos de recarga; B es la capacidad de la batería (kWh); E es la autonomía del EV (km); D es la distancia promedio recorrida; P_L es la potencia promedio de las estaciones y T_L es el tiempo de uso efectivo de la estación de recarga (horas).

Se toman los valores de BYD y la distancia promedio recorrida por los buses de transporte de Manta para realizar el cálculo; P_L de 80 kW, T_L de 8 horas (carga durante horas de la noche), B de 324 kWh, E de 250 km, D de 193,93 km.

Como resultado se obtiene que cada estación de carga puede suplir a 2,55 buses.

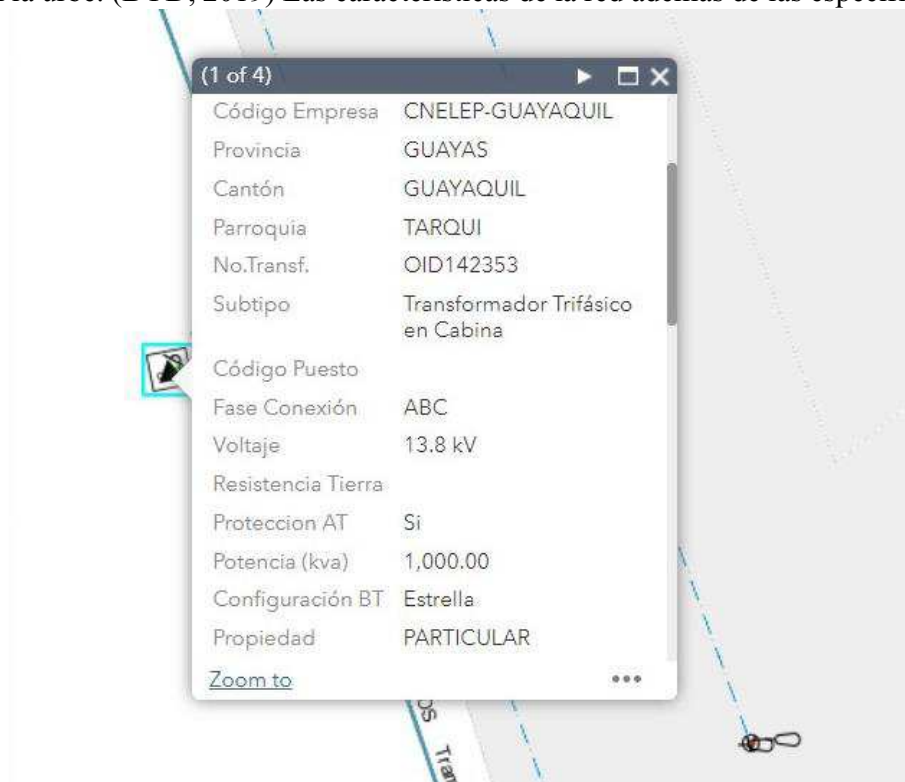
Con el dato obtenido y de acuerdo con las proyecciones realizadas del transporte público, se pueden obtener el número de unidades eléctricas necesarias para los buses eléctricos que serían introducidos desde 2025 en Manta, los cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 16 Estaciones de carga necesarias para el número de unidades eléctricas proyectadas. Elaboración Propia.

Año	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045
Unidades Eléctricas	22	39	67	75	90	99	120	129	143	169	180	196	210	236	265	275	288	337	358	378	386
Estaciones de Carga	9	15	26	29	35	39	47	51	56	66	71	77	82	93	104	108	113	132	140	148	151

4.7 Características de la red eléctrica de dos posibles puntos de electrolineras para los buses eléctricos en la ciudad

Para este apartado se revisará el estado de red para la posible instalación de dos electrolineras de carga con 20 estaciones cada una, las cuales llegarían a abastecer a las unidades eléctricas implementadas hasta 2030, como se calculó en el apartado anterior. Los puntos serán tomados tomando en una área y capacidad de transformación instalada similar a la que actualmente es la más grande del país y se ubica en Parque Samanes de Guayaquil. Esta electrolinera cuenta con 20 estaciones de carga rápida y una potencia de 1 MVA en un área de 5.000 m², destinada principalmente para la carga de 20 buses y 150 taxis eléctricos que circulan en la urbe. (BYD, 2019) Las características de la red además de las especificaciones



del transformador se muestran a continuación.

Figura 46 Datos del transformador ubicado en Parque Samanes - Guayaquil para la electrolinera más grande del país. Obtenido de Geoportal CNEL

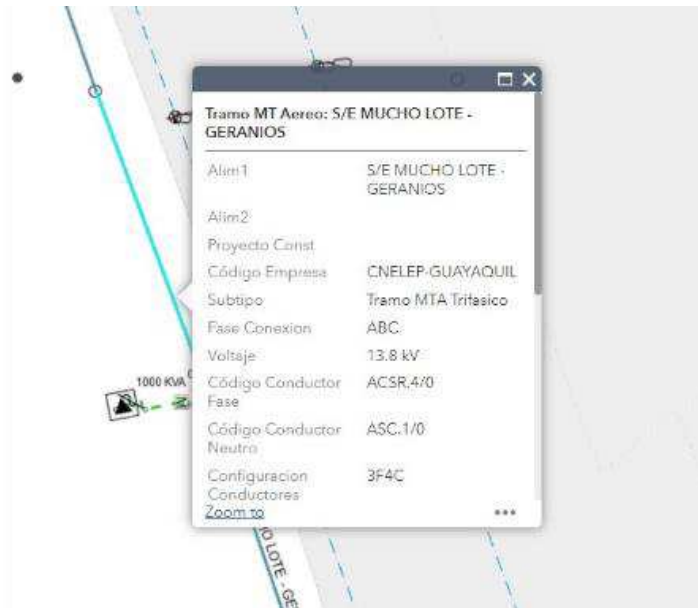


Figura 47 Datos de red eléctrica a la que se conectada la electrolinera de Guayaquil. Obtenido de Geoportal CNEL.

Debido a que el promedio estimado de recorrido que realizan las unidades del transporte público en Manta es menor a la autonomía que prestan los buses eléctricos, y que los trayectos es ideal que la ubicación de electrolineras para las estaciones de carga se encuentre las zonas cercanas a donde la mayoría de las unidades llegan a realizar la última parada. Para esto, se puede dividir la ciudad en dos áreas que se ubican en los ingresos/salidas de la ciudad.

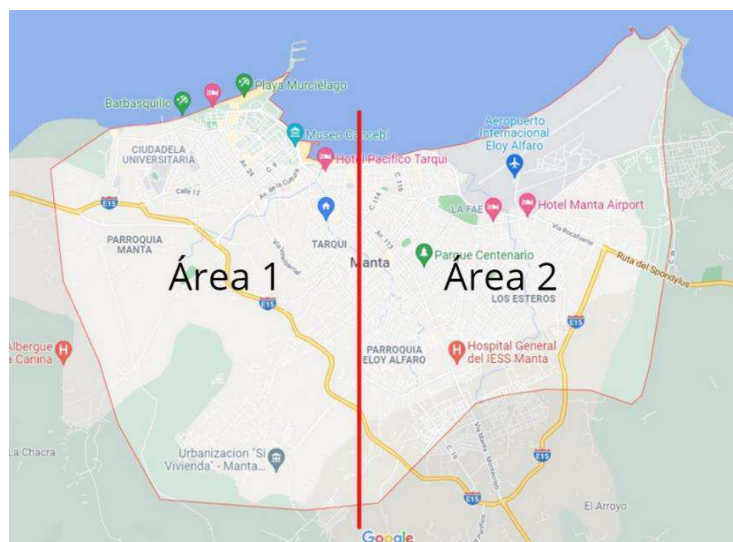


Figura 48 Áreas 1 y 2 propuestas en Manta. Obtenido de Google Maps

La primera área corresponde al lado Noroeste de la ciudad, y el lugar elegido para la toma de datos para la electrolinera es utilizado como parada final por la mayoría de los buses, se ubica por el sector Ciudadela Deportiva, frente a la ciudadela Altos de Manta Beach y el Coliseo Lorgio Pinargote.



Figura 49 Lugar propuesto para la implementación de electrolinera 1. Obtenida de Google Earth

El lugar se ubica en las coordenadas $0^{\circ}57'25.0''S$ $80^{\circ}45'59.6''W$ y cuenta con un área de $8.190,69 \text{ m}^2$ se encuentra una red eléctrica de 13.8 kV alimentada desde de la subestación Manta 4.

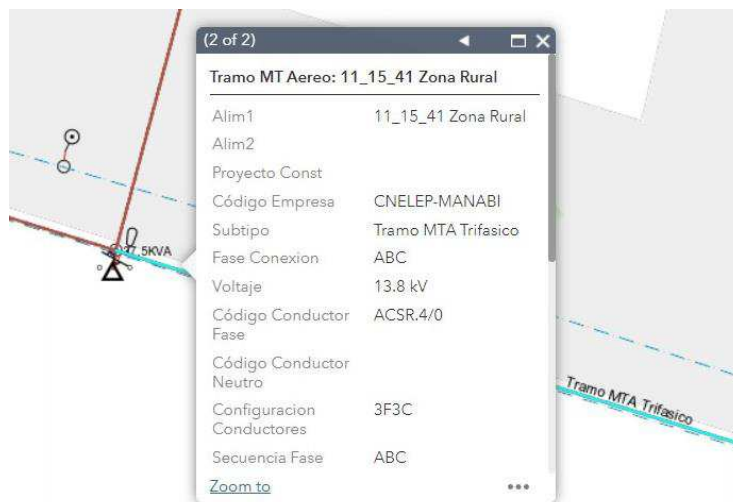


Figura 50 Datos de red en el lugar propuesto para la electrolinera 1. Obtenido de Geoportal CNEL.

La segunda área será considerada en el lado Sureste de la ciudad, frente al Hospital General del IESS y el Instituto Tecnológico Superior Luis Arboleda Martínez.



Figura 51 Lugar propuesto para la implementación de electrolinera 2. Obtenida de Google Earth

Las coordenadas de ubicación es $0^{\circ}59'03.4''S$ $80^{\circ}41'46.2''W$ y un área de 8.009 m^2 . En frente se encuentra una red eléctrica de 13.8 kV alimentada desde de la subestación eléctrica Montecristi 2.

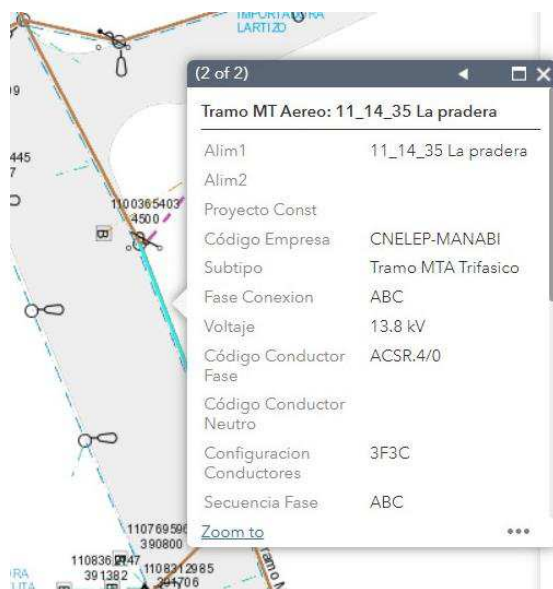


Figura 52 Datos de red en el lugar propuesto para la electrolinera 2. Obtenido de Geoportal CNEL.

Cabe recalcar que, aunque la mayoría de las unidades no convergen tan cercanamente al sector, el lugar fue considerado por recomendación de FETUM, ya que se encuentra al otro extremo de la ciudad si se toma en cuenta la primera ubicación mencionada para electrolinera.

4.8 Demanda energética proyectada de transporte público por autobuses diésel y eléctricos hasta el año 2045

Los valores estimados en la proyección de consumo energético de las unidades de transporte diésel y eléctricas durante el periodo 2020-2045, mostrada en la figura 53, se obtiene con los valores de la tabla 15 y la proyección de unidades existentes de la figura 44. Se señala que para el año 2024 el transporte a diésel alcanzará su consumo máximo con 210 unidades generando un requerimiento energético de 67,84 GWh, mientras que el transporte eléctrico aparecería en 2025 con 22 unidades y un consumo energético de 2,02 GWh. De mantenerse y cumplirse con el plan de inserción de unidades eléctricas para transporte se observa que para 2043 las unidades a diésel casi habrán desaparecido, por lo que su consumo energético se reducirá a 3,55 GWh en ese año. Para 2045, cuando se pronostica transporte público en Manta será constituido totalmente por unidades eléctricas el consumo eléctrico alcanzará los 35,52 GWh. Demostrando nuevamente el ahorro energético que tendría el cambio hacia la electromovilidad.

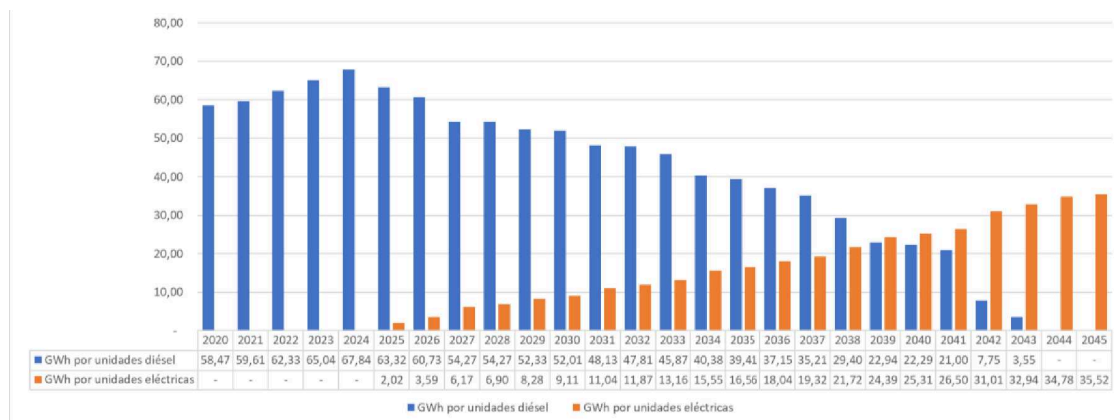


Figura 53 Proyección de consumo energético en GWh de las unidades de transporte público en el periodo de 2020-2045. Elaboración Propia

En la figura 54 se observa la comparación de proyecciones entre consumo energético de la ciudad de Manta y del transporte por unidades eléctricas, estos datos de acuerdo con el número antes estimado de unidades eléctricas que deberían ingresar a Manta en los próximos años. Según los datos para el año 2045, donde el transporte público debería ser totalmente llevado por unidades eléctricas, de los 349 GWh requeridos para la ciudad, 35,52 GWh serían empleados como fuente de energía en unidades de transporte, valor que representa el 10,17% de la energía total. Por lo que se tendrían que realizar valoraciones para considerar un aumento de consumo energético en la ciudad para el correcto funcionamiento del sistema eléctrico mantense.

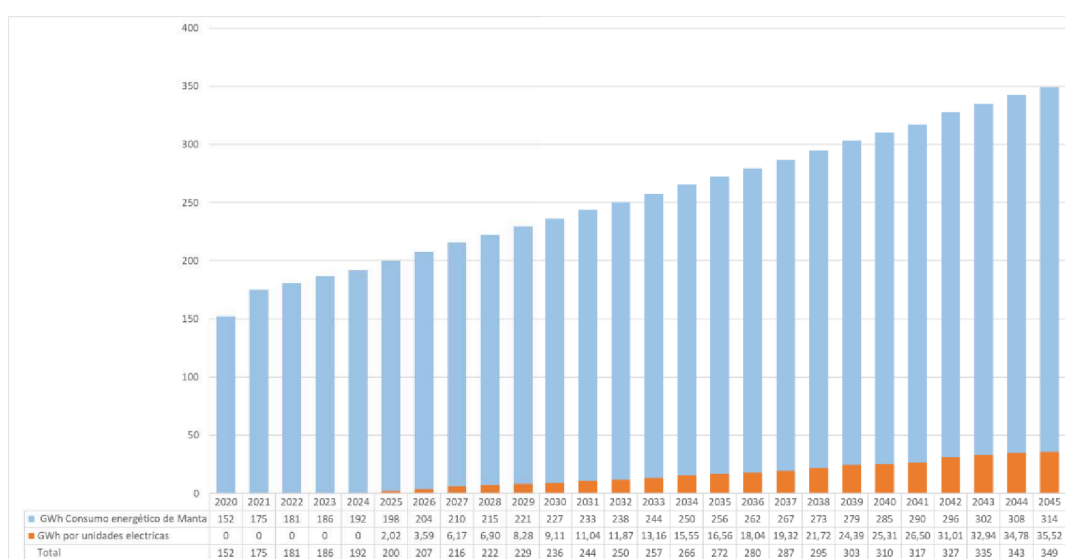


Figura 54 Proyección estimada de consumo de GWh de unidades de transporte eléctrico y el consumo de GWh de la ciudad de Manta en el periodo 2020-2045. Elaboración Propia

4.9 Impacto ambiental de la Implementación de los vehículos eléctricos para el transporte público en la ciudad de Manta

La proyección de emisiones de CO₂ por unidades a diésel y eléctricas durante el periodo 2020-2045 se obtienen con los factores de las tablas 5 y 7, y la proyección de unidades existentes de la figura 44. Se observa como resultado en la figura 55 que las emisiones generadas por el transporte a diésel en el 2021 son de 15.620 tCO₂, alcanzando un pico máximo en 2024 con la producción de 17.770 tCO₂, los valores irían decreciendo por la

sustitución de las unidades hasta 2043, cuando las emisiones causadas por los últimos buses diésel se reducirán a 931 tCO₂, hasta el año siguiente donde desaparecerían.

En el caso de las unidades eléctricas se observa que, con su primera aparición en 2025, por el consumo de energía eléctrica generado por las centrales térmicas que componen el 16,46% del SNI (Figura 29), emitirían 84,85 tCO₂, sin embargo, se evitarían 14.146,81 tCO₂ en el caso de que toda la flota se compusiera totalmente por unidades diésel. Para 2045 las emisiones por el transporte eléctrico habrán alcanzado las 1.488 tCO₂, evitando 86.584,16 tCO₂.

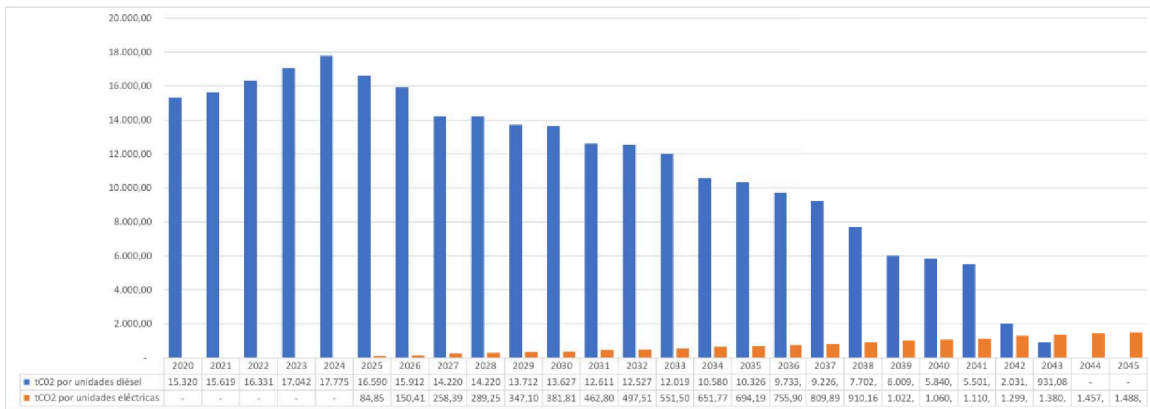


Figura 55. Proyección de emisiones de CO₂ por el trasporte público en el periodo 2020-2045 Elaboración Propia

Las emisiones de CO₂ producidas por unidades eléctricas es mínima en comparación a las emisiones generadas hoy en día por las unidades a diésel a pesar de representar una flota mayor, inclusive sin tomar en cuenta un aumento a la transición de generación de energías limpias en el país, lo que disminuiría aún más la contaminación ambiental.

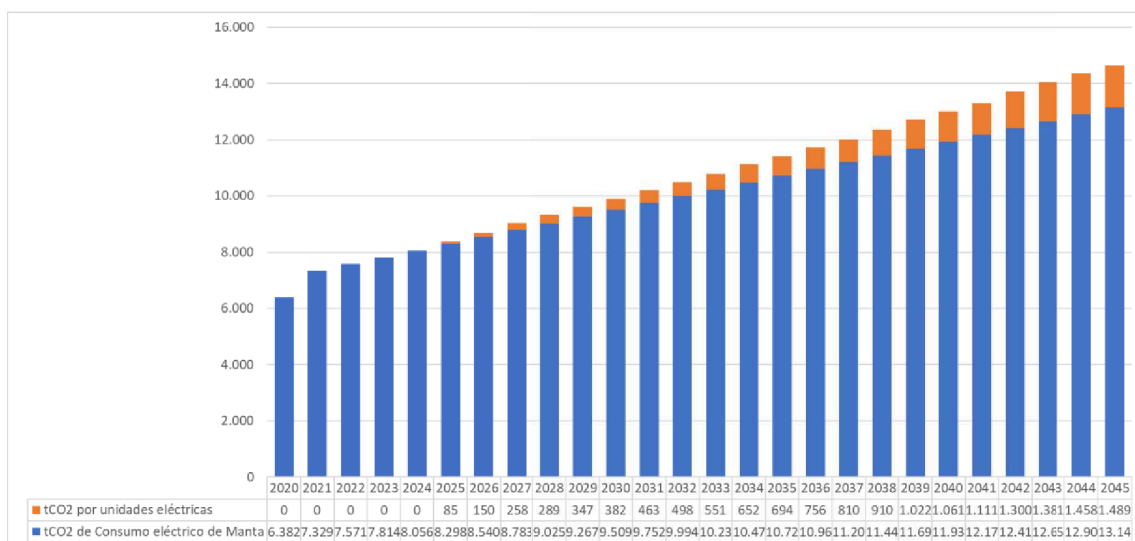


Figura 56 Proyección de emisiones de CO2 por el transporte público y la ciudad de Manta estimados para en el periodo 2020-2045. Elaboración Propia

La contaminación proyectada que será producida por Manta, obtenida con el factor de GWh/tCO2 del SNI en de la tabla 7 y las proyecciones de consumo eléctrico mostrados en la figura 39, se estiman alcancen cerca de las 13.140 tCO2 en 2045. Si el sistema de transporte público por buses eléctricos se implementa en su totalidad en la ciudad para el mismo año, las emisiones de CO2 producidas llegarían a las 14.631 tCO2, como se muestra en la gráfica superior, componiendo solo el 10,17% del total. En comparación, si las unidades fueran únicamente diésel, llegarían a generar hasta el 88,8% (117.358,70 tCO2) de contaminación total en Manta.

4.10 Discusión de Resultados

Según las proyecciones realizadas para el 2045 existirían 386 unidades eléctricas en funcionamiento, mientras que de acuerdo con la ley medioambiental que prohíbe la utilización de unidades de transporte con una vida funcional de más de 20 años para este tiempo las unidades de transporte que hagan uso del combustible fósil (Diésel) deberán encontrarse fuera de uso en su totalidad.

El incremento de unidades eléctricas representaría la necesidad de realizar una revisión por el aumento de la producción de energía para la ciudad, pues de acuerdo con las proyecciones

realizadas para el 2045 del consumo de energético de los buses eléctricos y el consumo de la ciudad de Manta, se requeriría el 10,17% del consumo eléctrico de la ciudad para el funcionamiento total de los buses que se encontraría en circulación. Este porcentaje no puede considerarse pequeño, ya que se requiere de inversiones tanto en generación, transmisión y distribución

Por la parte ambiental, las emisiones producidas por el transporte por buses diésel es considerablemente superior que las producidas por buses eléctricos. Los 386 buses eléctricos producirían 14,4 veces menos CO₂ en comparación con máximo nivel de contaminación alcanzado por las 210 unidades diésel en 2024.

4.11 Estudio de campo

El estudio para la ciudad de Manta se realiza con datos recabados y obtenidos de CNEL y de la empresa FETUM. Para las proyecciones del consumo energético y de emisiones de las unidades de transporte se usaron técnicas de estudios publicados con anterioridad en el país.

4.11.1 Validación de fiabilidad

La fiabilidad se basó en el análisis de variables, pues según su definición, y los cálculos realizados demuestran que los factores técnicos, económicos y ambientales si sufren un impacto con el cambio de la flota a diésel de transporte de Manta por una eléctrica.

4.12 Resultados obtenidos

Según el análisis de datos recogidos y tabulados mediante proyecciones, las unidades eléctricas generan un consumo energético 3,56 veces menor que las unidades diésel, por lo que son considerablemente más eficientes.

En el ámbito económico ya se ha mencionado que con el constante incremento del diésel es recomendable utilizar energía eléctrica para el transporte, pues los costos son variables y por lo general mayores. Sin embargo, a pesar a los beneficios fiscales brindados por lo que el uso de unidades eléctricas, los valores para una renovación de flota con buses eléctricos, mantenimiento y combustible siguen siendo mucho mayores en el corto tiempo que los valores por una renovación con buses diésel, llegando a ser hasta 136% más costosa con una inserción total de unidades.

Los buses eléctricos por el uso de electricidad generarían 6,25 veces menos tCO₂ cuando replacen en su totalidad a las unidades diésel que se estima sea en 2045, por lo que el medio ambiente se vería menos mucho menos afectado por el cambio hacia la electromovilidad.

4.13 Conclusión

Al analizar los datos recogidos y tabularlos con las respectivas proyecciones se determina que el uso de las unidades eléctricas es mucho más eficiente en términos energéticos con respecto a las unidades diésel. Sin embargo, representan un alza significativa al consumo eléctrico generado por la ciudad de Manta. En materia económica, el costo kWh es mucho menor que el valor de un galón de diésel, además de generar menos contaminación que el causado por el transporte a Diésel.

El gran inconveniente del transporte eléctrico se encuentra en la adaptabilidad de la ciudad y el alto coste de inversión inicial para la renovación de unidades, lo que se espera sea solventado en los años venideros según análisis internacionales de C40 y Bloomberg.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Según la normativa investigada se observa que a partir de 2025 los vehículos de transporte público deberán ser eléctricos, esto se encuentra en el artículo 14 de Ley de Eficiencia Energética. Con el apoyo gubernamental, se establece la eliminación de aranceles e impuestos en la exportación de autos eléctricos o repuestos para los mismos. También se establecen horarios preferenciales de consumo para un mayor beneficio económico y un mejor desempeño del sistema eléctrico.
- Los costos por mantenimientos de los buses eléctricos son por lo general más bajos a los de los buses diésel, aproximadamente 6 veces menos. Esto debido a que cuentan con menos partes y además necesitan la mitad de las revisiones. En lo referente al combustible, por otro lado, el diésel siempre ha tenido valores mayores que la electricidad, mientras que el costo para la carga de vehículos eléctricos en Ecuador también es apoyado por pliegos tarifarios diferenciados. Sin embargo, el costo actual de una unidad eléctrica llega a triplicar el valor de una unidad diésel, lo que resulta en que, si se llegaran a implementar en un 25% al transporte público en el año 2022, los costos de flota, mantenimientos y combustible llegarían a superar en un 82,19% en comparación a si se añadieran solo unidades diésel. Si la implementación fuera total para 2025, el aumento sería de un 136% en comparación.
- El TIR por la compra de un vehículo eléctrico actualmente se encuentra en un 10%, con un tiempo de retorno de la inversión de menos de 9 años.
- Se espera que los valores por los vehículos eléctricos sigan cayendo en los próximos años para generar una integración más rápida en el transporte público, con datos de Bloomberg NEF y el Grupo C40, se estima que para el 2025 los buses eléctricos tendrían el mismo valor que los buses diésel.
- Con la implementación de 2 electrolíneas con similares características a la ubicada en Parque Samanes – Guayaquil se puede realizar la carga de las unidades eléctricas que se implementarían al transporte público estimadas hasta 2030.
- Por medio de los datos recogidos del Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, la Agencia de Regulación y Control de Electricidad y CNEL EP, sobre el consumo de energía en Manabí y Manta, fue posible realizar proyecciones con

referentes al consumo eléctrico. Los datos revelan con un coeficiente de determinación del 0,90 que, para 2045 el consumo eléctrico en Manabí se incrementara en un 122,78 %, lo que representa más del doble del consumo actual, en la ciudad de Manta la situación es similar con un coeficiente de determinación de 0,9, pues para 2045 se prevé un incremento del 79,3% de consumo de energía en referencia al consumo de 2021.

- En lo referente al número de unidades se determinó que desde 2000 hasta 2020 a la ciudad han ingresado 181 unidades de transporte a diésel las cuales se estima en el último año consumieron 58,47 GWh de energía contenidos en 1.550.528 galones de diésel, emitiendo 15.320 tCO₂ al ambiente. Solo hasta llegado el 2025 se pondrá en práctica la adquisición de unidades eléctricas, haciendo una primera compra de 22 unidades; de aquí en adelante, las unidades a diésel irán reduciendo su ingreso, mientras que las eléctricas irán ganando posición. Según las proyecciones realizadas, muestran que para 2043 solo existirán 11 unidades a diésel que serían retiradas de funcionamiento para el año siguiente. Mientras, las unidades eléctricas incrementarán su parque automotor hasta las 386 unidades en 2045, consumiendo 35,52 GWh. La energía eléctrica generada para la carga de los buses eléctricos por las centrales térmicas, que componen el 16,46% del SNI, emitirían 1.488,65 tCO₂ al ambiente, mucho menos de lo que en la actualidad se generan por el uso del transporte público con las 181 unidades diésel (15.320,43 tCO₂), siendo este uno de los mayores puntos positivos, puesto que, aunque las emisiones de CO₂ en Manta no se eliminarían, si pueden reducir significativamente su velocidad de avance.
- En el aspecto técnico para la ciudad, la implementación total de unidades eléctricas en el transporte público generaría un consumo energético del 10,17% del total. Por lo que su uso debería ser planeado acorde normativas y estudios previamente emitidos, de esta manera el paso a la electromovilidad se dé de la manera más eficiente posible, sin afectar el suministro de electricidad a la ciudad.

Recomendaciones

- Se recomienda un análisis para la implementación por zonas de cargadores públicos y privados. Los datos recompilados en estudios en otras ciudades a nivel mundial cuentan con información relevante para el correcto despliegue de vehículos eléctricos en Manta.
- Proponer zonas para la instalación de electrolinerías en Manta que logren abastecer de manera eficaz al transporte público eléctrico de acuerdo con estudios internacionales previos.
- Recopilar y analizar información del estado de las unidades eléctricas, electrolinerías y estaciones de carga que ya han sido implementadas en el país con el fin de generar mejores estrategias de inserción de la tecnología de manera local.

REFERENCIAS

- Agencia de regulación y control de energía y recursos naturales no renovables. (2020). *RESOLUCION Nro. ARCERNNR - Or8/2020*. Quito.
- Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2021). *ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DEL PLIEGO TARIFARIO DEL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA*.
- Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2021). *Panorama Electrico*. Obtenido de <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/07/PanoramaElectricoV-Julio-Baja.pdf>
- Agencia Nacional de Tránsito. (22 de octubre de 2015). Reglamento relativo a los procesos de la revisión de vehículos a motor. Ecuador: Directorio de la Agencia Nacional de Regulación y Control de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial.
- Alcaldia de Quito. (2017). *ESTRUCTURACIÓN DEL MODELO TARIFARIO DEL SISTEMA METROPOLITANO DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS DE QUITO*. Obtenido de http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Circulares/2019/005-ESTRUCTURA%20TARIFARIA-SISTEMA%20DE%20TRANSPORTE%20PUBLICO-DMQ-INFORMACION/ANEXO-1_Producto%201%20Entrega%205%20Integrado.pdf
- Álvarez, E., & Menéndez, J. (2017). *Energías alternativas para el transporte de pasajeros*. España: Orkestra Instituto Vasco de Competitividad.
- Andres. (2016). *Guía Básica para carga de vehículos eléctricos- tipo 1,2 y 3*. Electrica aplicada.
- Angulo, S. (2019). *En Ecuador se comercializan cuatro marcas de autos eléctricos*. Expreso.
- ARCONEL. (2015). *Resolución No. ARCONEL-038/15*. Quito.
- ARCONEL. (2017). *PLIEGO TARIFARIO PARA LAS EMPRESAS ELECTRICAS*.
- ARCONEL. (2019). *PLIEGO TARIFARIO PARA LAS EMPRESAS ELECTRICAS DE DISTRIBUCION CODIFICADO*. Obtenido de

<https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/02/Pliego-Tarifario-SPEE-2019.pdf>

ARCONEL. (2019). *Proyecto de regulación sobre contrato de suministro para la comercialización de energía a estaciones de carga de vehículos eléctricos*. Quito: Dirección Nacional de Regulación Técnica.

ARCONEL. (2021). *PLIEGO TARIFARIO PARA LAS EMPRESAS ELECTRICAS*.

Artés, D. (2011). *Potencia y par, motor eléctrico y diésel: cultura general para el S.XXI*. Tecmovia.

Asamblea Nacional. (2021). *LEY ORGÁNICA REFORMATORIA DE LA LEY ORGÁNICA DE TRANSPORTE TERRESTRE, TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL*. Quito: Editora Nacional.

autofácil. (2020). *¿Qué tipos de baterías para coches eléctricos existen?*

Baharami, A. (2020). *EV Charging definitions, modes, levels, communication, protocols and applied technical report*.

Benoit, L., Armijos, J. P., Oriol, J., & Rojas, R. (2020). *Los buses eléctricos en Guayaquil muestran el potencial de la implementación local de las NDCs para apoyar la recuperación sostenible*. Obtenido de <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/los-buses-electricos-en-guayaquil-muestran-el-potencial-de-la-implementacion-local-de-las-ndcs-para-apoyar-la-recuperacion-sostenible/>

Berlin, A., Zhang, X., & Chen, Y. (2020). *Case Study: Electric buses in Shenzhen, China*. Obtenido de <https://iea.blob.core.windows.net/assets/db408b53-276c-47d6-8b05-52e53b1208e1/e-bus-case-study-Shenzhen.pdf>

BYD. (2019). *BUS ELÉCTRICO K9G*. Obtenido de https://en.byd.com/wp-content/uploads/2019/07/4504-byd-transit-cut-sheets_k9-40_lr.pdf

BYD. (8 de Noviembre de 2019). *BYD*. Obtenido de <https://bydelectrico.com/ec/2019/11/08/byd-entrega-a-guayaquil-la-electrolinera-mas-grande-de-ecuador/>

BYD. (29 de Octubre de 2020). *Byd auto*. Obtenido de <https://bydauto.com.co/blog/eficiencia-de-los-motores-electricos-vs-combustible/>

- BYD Ecuador. (2018). *LA FLOTA DE BUSES DE SHENZHEN AHORA ES COMPLETAMENTE ELÉCTRICA*. Obtenido de <https://bydelectrico.com/ec/2018/01/09/buses-electricos-shenzhen-china/>
- C40 Cities Finance Facility. (2020). *Technical Assistance for BMTC Transitioning to an all - EV/Clean Fuel Public Transport Fleet*. Obtenido de <https://cff-prod.s3.amazonaws.com/storage/files/gG2syautuY9pFxLrNgdDh3evCfQIB2vv4aMhOIIK.pdf>
- Cabrera, F., & García, N. (2019). *Políticas de Fomento a la Electromovilidad*. Obtenido de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27359/1/Fomento_a_la_electromovilidad_Analisis_y_perspectiva_comparada_FINAL.pdf
- Cargacar. (2021). *¿Cuánto cuesta desplazarse en un coche eléctrico?* Cargacar.
- Castillo, M. A. (2018). *240 vehículos eléctricos circulan en Ecuador*. Quito: El Comercio.
- Castro, M. (2020). *Vehículos eléctricos: hacia un transporte limpio y asequible*. BID.
- Chu, Y. (2021). *China's New Energy Vehicle Industrial Development Plan for 2021 to 2035*. Obtenido de <https://theicct.org/publications/china-new-vehicle-industrial-dev-plan-jun2021>
- Circutor. (2016). *El coche eléctrico, el transporte del futuro*.
- clean vehicle rebate. (2020). *Descripción general de la carga de vehículos eléctricos*. clean vehicle rebate.
- CM. (2021). *Banco de Baterías*. CM Comandos Lineares.
- CNEL EP. (2020). *MANUAL PARA LA INSTALACIÓN DE LA ACOMETIDA Y SISTEMA DE MEDICIÓN A LOS CONSUMIDORES DE CNEL EP*. Obtenido de <https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/MN-COM-AC-001-Manual-de-instalaciones-acometida-y-sistema-de-medici%C3%B3n-CNEL-EP-vf.pdf>
- Comité de comercio exterior. (2019). *El pleno del comité de comercio exterior*. Quito: Secretaria técnica del COMEX.
- Cómite de Comercio Exterior. (3 de junio de 2019). Resolución No. 016-2019. Ecuador: Comité de Comercio Exterior.

- Constitucion de la República del Ecuador. (20 de octubre de 2008). Registro Oficial No. 449. Ecuador: Asamblea Constituyente.
- Corte Constitucional del Ecuador. (17 de agosto de 2021). Segundo Suplmento N° 517. Quito, Ecuador: Registro Oficial.
- Curry, C. (2017). *Lithium-ion battery costs & market*. bloomberglp.
- Daniel Murias. (14 de Mayo de 2021). *Motor pasion*. Obtenido de <https://www.motorpasion.com/industria/como-protegemos-libertad-movilidad-quien-no-puede-permitirse-coche-electrico-carlos-tavares-ceo-stellantis>
- doble via. (15 de Septiembre de 2020). *Transporte doble vía*. Obtenido de <https://transporte.doblevia.org/tag/transporte-escolar-legal-quito/page/2/>
- e-COMPARADOR. (2021). *Comparador* . Obtenido de <https://www.e-comparador.com/clase-de-conectores-para-coches-electricos/>
- Ecuador explorer. (2019). *Panorama de la ciudad de Manta, provincia de Manabí, en la Costa de Ecuado*.
- Ekos. (26 de Agosto de 2015). *Ekos negocios*. Obtenido de <https://www.ekosnegocios.com/articulo/ranking-sobre-el-costo-de-la-gasolina-en-latinoamerica>
- El Comercio. (22 de Mayo de 2019). Banco Mundial: ‘840 millones de personas en el mundo carecen de acceso a la electricidad’. *El Comercio*, pág. 3.
- El Comercio. (2019). *La primera electrolinera del Ecuador se inauguró en Guayaquil*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/primera-electrolinera-ecuador-inauguracion-guayaquil.html>
- El Comercio. (2019). *Los buses que se adquieran desde el 2025 deberán ser eléctricos*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/buses-electricos-transporte-ley-combustible.html>
- El comercio. (11 de Agosto de 2021). El precio del diésel sube a USD 1,60 y la gasolina extra sube a USD 2,28. *El comercio*, pág. 2.
- El Comercio. (14 de Mayo de 2021). La vida útil del transporte público en Ecuador aumentó con las reformas. *El Comercio*, págs.

- <https://www.elcomercio.com/actualidad/seguridad/vida-util-transporte-reformas-ley-transito.html>.
- ElectroMOV.cl. (2019). *Estos son los cuatro modos de carga para un vehículo eléctrico*. <https://www.electromov.cl/2019/04/22/estos-son-los-cuatro-modos-de-carga-para-un-vehiculo-electrico/>.
- Electromovilidad. (2016). *Comparativa coche eléctrico vs coche combustión-electromovilidad*. Electromovilidad.
- electromovilidad. (14 de Abril de 2020). *electromovilidad*. Obtenido de <http://electromovilidad.net/comparativa-coche-electrico-vs-coche-combustion/>
- enel. (2016). *¿Qué es un auto eléctrico y qué tipos hay?* Perú: enel.
- Energía y sociedad. (2018). *La eficiencia energética del vehículo eléctrico*. Energía y soledad.
- Fernandez, S. (2020). *¿Es realmente más barato el mantenimiento de un coche eléctrico?* Hacemos los números.
- fueleconomy. (s.f.). *ahorremos gasolina*. Obtenido de <https://www.fueleconomy.gov/feg/esphevtech.shtml>
- Fundación Terram. (2017). *Las consecuencias de que China prohíba la producción y venta de vehículos de combustibles fósiles*. Obtenido de <https://www.terram.cl/2017/09/las-consecuencias-de-que-china-prohiba-la-produccion-y-venta-de-vehiculos-de-combustibles-fosiles/>
- GAD MANTA. (2015). *plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2014-2019*. Manta.
- Gañán, H. (2018). *El transporte eléctrico explota en China*. Obtenido de https://www.elplural.com/leequid/ecologia/el-transporte-electrico-explota-en-china_203194102
- García, G. (2018). *Tipos de vehículos eléctricos: funcionamiento y características de cada tecnología*. Híbridos y eléctricos.
- García, G. (2018). *Tipos de Vehículos Eléctricos: Funcionamiento y Características de Cada Tecnología - Actualidad - Híbridos y Eléctricos | Coches Eléctricos, Híbridos Enchufables.* <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/asi->

funcionan-diferentes-tecnologias-vehiculos-
electricos/20180921183150021994.html.

García, G. (2019). *Híbridos y Eléctricos*. Obtenido de <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/asi-es-conector-nuevo-estandar-carga-rapida-compatible-chademo-gb-t/20190628170453028666.html>

García, G. (2020). *La autonomía y la recarga del coche eléctrico alcanzan la madurez tecnológica*. híbridos y eléctricos.

García, G. (2020). *Las ventas de vehículos de combustión se redujeron un 4,7% a nivel mundial en 2019*. Híbridos y eléctricos.

García, G. (2021). *Adiós al diésel y la gasolina: un coche eléctrico costará lo mismo que uno de combustión en 2026*. híbridos y eléctricos.

García, G. M. (2019). *Riesgos en los vehículos eléctricos*. Prueba de ruta.

García, M. (28 de Septiembre de 2018). *BID Invest*. Obtenido de <https://idbinvest.org/es/blog/energia/como-calcular-cuanto-cuesta-generar-la-energia-electrica>

Generalitat de Catalunya . (2011). *GUÍA PRÁCTICA PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO*. Obtenido de <https://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST234ZI97531&id=97531>

Government of Canada. (2019). *Zero Emission Vehicle Infrastructure Program*. Obtenido de <https://www.nrcan.gc.ca/energy-efficiency/transportation-alternative-fuels/zero-emission-vehicle-infrastructure-program/21876>

Government of Canada. (2021). *Electric vehicle charging stations*. Obtenido de <https://www.ic.gc.ca/eic/site/mc-mc.nsf/eng/lm04949.html>

GPP. (30 de Agosto de 2021). *Global Petrol Prices*. Obtenido de https://es.globalpetrolprices.com/diesel_prices/

GSD. (2017). *ESTRUCTURACIÓN DEL MODELO TARIFARIO DEL SISTEMA METROPOLITANO DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS DE QUITO*. Quito: Alcaldía de Quito .

- Guamán, R. A. (2019). *INVESTIGACIÓN DE LOS PROCESOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE VEHÍCULOS DE PASAJEROS CATEGORÍA M EN ECUADOR MEDIANTE EL ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PROGRAMACIÓN Y EJECUCIÓN DE LAS RUTINAS DE MANTENIMIENTO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO BYD (E5) CON SU SIMILAR*. Latacunga: ESPE.
- Gutiérrez, D. (2020). *Así ha evolucionado el número de cargadores para coches eléctricos en Europa*. híbridos y eléctricos.
- Gutiérrez, D. (2020). *Los países donde más coches eléctricos se venden, en total y en mayor proporción*. híbridos y eléctricos.
- Hayes, A. (20 de Mayo de 2021). *investopedia*. Obtenido de [https://www.investopedia.com/terms/b/barrelofoilequivalent.asp#:~:text=A%20barrel%20of%20oil%20equivalent%20\(BOE\)%20is%20a%20term%20used,a%20barrel%20of%20crude%20oil.&text=One%20barrel%20of%20oil%20is,cubic%20feet%20of%20natural%20gas](https://www.investopedia.com/terms/b/barrelofoilequivalent.asp#:~:text=A%20barrel%20of%20oil%20equivalent%20(BOE)%20is%20a%20term%20used,a%20barrel%20of%20crude%20oil.&text=One%20barrel%20of%20oil%20is,cubic%20feet%20of%20natural%20gas).
- HE. (2019). *Sistemas de recarga del vehículo eléctrico: todas las claves y características principales*. Híbridos y electricos.
- Hernández, L. (24 de Febrero de 2020). *Noticias español*. Obtenido de <http://noticias.espanol.autocosmos.com/2020/02/24/como-se-fabrica-la-gasolina-que-utilizan-los-automoviles#:~:text=B%C3%A1sicamente%2C%20se%20trata%20de%20calentar,una%20variedad%20de%20materias%20prima>
- HEV-TCP. (2020). *Republic of Korea*. Obtenido de <https://ieahev.org/countries/republic-of-korea/#:~:text=New%20policies,%2Din%20Hybrid%20Electric%20Vehicles>
- Idrovo, D., & Loaysa, C. (2017). *Análisis comparativo de los costos operativos entre un vehículo de combustión interna y un vehículo eléctrico en la ciudad de Cuenca*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana .
- IEA. (2020). *Global EV Outlook 2020 - Analysis*. Obtenido de <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>
- Iea. (2021). *Global EV Outlook 2021*. IEA.

- IES. (2021). *Electric buses: where are we?* Obtenido de <https://www.ies-synergy.com/en/electric-buses-where-are-we/>
- INEC. (2014). *Sistema Integrado de Encuestas*. Quito: Instituto nacionalde estadística y censos.
- INEC. (2019). *Transporte*. Quito: Ecuador en cifras.
- INEC. (2021). *Proyecciones y estudios demográficos*. Manta: Sni.
- International Energy Agency. (2018). *Global EV Outlook 2018*. Obtenido de <https://doi.org/10.1787/9789264302365-en>
- Intriago, A. (2019). *Plan de trabajo*. Lista 107.
- Isla, L., Singla, M., Rodriguez Porcel, M., & Granada, I. (2019). *Análisis de tecnología, industria, y mercado para vehículos eléctricos en América Latina y el Caribe*. BID Mejorando vidas .
- Jara, X., Lee, C., Montesdeoca, L., & Varela, M. (2018). *Subsidios a combustibles y redistribución de ingresos en Ecuador Logotipo PDF*. Documento de trabajo WIDER No. 2018/144.
- José Martín. (1 de Febrero de 2021). *Soy motor* . Obtenido de <https://soymotor.com/coches/articulos/el-motor-de-un-coche-electrico-984469>
- Kenton, W. (2021). *Shenzhen SEZ, China*. Obtenido de <https://www.investopedia.com/terms/s/shenzhen-sez-china.asp>
- Kia. (2017). *¿Los cargadores de coches eléctricos son universales?* Kia.com.
- Land Rover. (2021). *PHEV*. Obtenido de <https://ecuador.landrover.com/phev-what-is-phev#:~:text=DE%20ALTA%20TENSI%C3%93N-,Los%20veh%C3%ADculos%20h%C3%ADbridos%20enchufables%20tienen%20una%20bater%C3%ADa%20de%20alta%20tensi%C3%B3n,complementa%20el%20motor%20de%20combusti%C3%B3n.>
- Lijó, R. (2018). *La guerra de estándares en cargadores de coches eléctricos: todo lo que hay que saber*.
- López, N. (2020). *Mantenimiento de un coche eléctrico vs Mantenimiento de un coche de combustión: ¿cuál es, con cifras reales, más caro?* movilidadeléctrica.

- Lu, L., Xue, L., & Zhou, W. (2018). *How Did Shenzhen, China Build World's Largest Electric Bus Fleet?* Obtenido de <https://www.wri.org/insights/how-did-shenzhen-china-build-worlds-largest-electric-bus-fleet>
- LuGenerGY. (2021). *Modos de recarga de vehículos eléctricos.*
- Madrigal, M. (2019). *Electromovilidad: transporte más limpio, seguro y eficiente.* Bid.
- Martín, I. (02 de Mayo de 2021). *Foro coches electricos.* Obtenido de <https://forococheselectricos.com/2021/05/asi-esta-aumentando-la-autonomia-del-coche-electrico-ano-tras-ano.html>
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables. (2017). *Balance Energético Nacional 2017.* Quito: El Gobierno de todos.
- Ministerio de Energía y Recursos no Renovables. (2019). *Balance Energético Nacional.* Quito: Instituto de Investigación Geológico y Energético.
- Ministerio de Minas y Energía. (11 de Julio de 2019). *Sistema Unico de Información Normativa* . Obtenido de <http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30036636>
- Ministerios de Recursos y Energía. (2019). *Plan Maestro de Electricidad.* Quito: cnelep.
- Ministry of Power . (2018). *Electric Vehicle - Government of India.* Obtenido de <https://powermin.gov.in/en/content/electric-vehicle>
- Minue. (2020). *¿Merece La Pena El Coche Eléctrico? Aquí Tienes Una Calculadora Para Comprobarlo.* Xataka.
- Moovit. (2021). *Moovit Manta.* Obtenido de <https://moovitapp.com/manta-5551/poi/es-419>
- Motor. (2020). *Características y Tipos de Conectores Para Cargar Un Coche Eléctrico.* <https://www.motor.es/noticias/tipos-carga-coche-electrico-202064586.html>.
- Motorisa. (2019). *Como funcionan los motores eléctricos.* mitsubishi motors.
- Movilidad Sostenible. (2020). *LA ESTRATEGIA DE MOVILIDAD DE LA UNIÓN EUROPEA: SOSTENIBLE E INTELIGENTE.* Obtenido de <https://www.movilidadsostenible.com.es/la-estrategia-de-movilidad-de-la-union-europea-sostenible-e-inteligente/>

- Norisk. (29 de Junio de 2020). *Norisk*. Obtenido de <https://norisk.mx/el-duelo-de-combustible-y-electricidad/>
- Ortíz, M. A. (2014). *Estudio Comparativo del Uso del Diesel Entre Europa y Ecuador, Utilizado para Motores de Vehículos*. Quito: UIDE.
- Osinergim. (2019). *Electromovilidad: Conceptos, políticas y lecciones aprendidas para el Perú*.
https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Electromovilidad-conceptos-politicas-lecciones-aprendidas-para-el-Peru.pdf.
- OVEMS. (2021). *LEGISLACIÓN Y NORMATIVA – Observatorio del Vehículo Eléctrico y Movilidad Sostenible*. Obtenido de <https://evobservatory.iit.comillas.edu/legislacion-y-normativa>
- Pamula, T., & Pamula, W. (2020). *Estimation of the Energy Consumption of Battery Electric Buses for Public Transport Networks Using Real-World Data and Deep Learning*. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/en13092340>
- Paredes, L. (2019). *Electromovilidad y Eficiencia Energética en el Transporte Público de Pasajeros del Ecuador Continental*. Revista energía.
- Paredes, L., & Pozo, M. (2020). *Movilidad Eléctrica y Eficiencia Energética en el Sistema de Transporte Público del Ecuador un Mecanismo para Reducir Emisiones de CO2*. Revista Técnica "energía".
- Partners, A. (2021). *India: Note On Electric Vehicles(EV) In India*. Obtenido de <https://www.mondaq.com/india/rail-road-cycling/1045656/note-on-electric-vehiclesev-in-india#:~:text=The%20policy%20encourages%20the%20use,in%20public%20transport%20by%202030>
- Península clean energy. (2019). *Programa listo para vehículos eléctricos*. Península clean energy.
- Pensula Clean Energy. (2019). *Acerca de la carga de vehículos eléctricos*. Pensula Clean Energy.

- Pérez, A. (2018). *Cómo Funciona El Motor Eléctrico de Un Coche*.
<https://www.vw.com.mx/es/experiencia/tips/como-funciona-un-motor-electrico.html>.
- Pérez, A. (01 de Abril de 2021). *auto bild*. Obtenido de <https://www.autobild.es/listas/10-coches-electricos-autonomia-comprar-2021-840769>
- Pierantonelli, M., & Quintanilla, T. (2019). *Estudio de factibilidad de ómnibus eléctrico para la Universidad de Villa María*. Obtenido de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/109951>
- Plataforma de Electromovilidad. (2021). *ELECTROMOVILIDAD EN ECUADOR*. Obtenido de <https://temporal.indivisual.cl/transporte-de-pasajeros/electromovilidad-en-ecuador>
- RACE. (2019). *¿Cómo son las baterías de los coches eléctricos?* <https://www.race.es/como-son-baterias-coches-electricos>.
- Randall, C. (2021). *South Korea aims to push EV innovation*. Obtenido de <https://www.electrive.com/2021/02/19/south-korea-aims-to-push-ev-innovation/>
- Registro Oficial - Quinto Suplemento N° 512. (10 de agosto de 2021). Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial. Quito: Asamblea Nacional.
- Registro Oficial - Suplemento 309. (20 de agosto de 2018). LEY PARA FOMENTO PRODUCTIVO, ATRACCION INVERSIONES GENERACION EMPLEO. Quito, Ecuador: Asamblea Nacional.
- Registro Oficial - Suplemento 463. (17 de agosto de 2018). LEY DE REGIMEN TRIBUTARIO INTERNO, LRTI. Ecuador: Corte Constitucional. Obtenido de <https://www.ces.gob.ec/lotaip/2018/Agosto/Anexos-literal-a2/LEY%20DE%20REGIMEN%20TRIBUTARIO%20INTERNO,%20LRTI.pdf>
- RENOVABLES, M. D. (2019). *Plan Maestro de Electricidad*. Obtenido de CNELEP: <https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/Plan-Maestro-de-Electricidad-2018-2027.pdf>
- Repsa. (17 de Enero de 2020). *Repsa auto centro*. Obtenido de <https://repsaautocentro.com/mantenimiento-preventivo-automotriz/>

- revista centro zaragoza. (2021). *Tipos de conectores en los vehículos eléctricos*. CZ Revista técnica de Centro Zaragoza.
- ruimegas. (02 de Noviembre de 2011). *club eletricos*. Obtenido de <https://www.clubeletricos.com/viewtopic.php?t=1987>
- SADECO. (2016). *Tipos de batería de coche*. Grupo Sadeco.
- Sanz, N. (2019). *Vehículos eléctricos en China*. Obtenido de https://www.icex.es/icex/wcm/idc/groups/public/documents/documento/mde5/ode5/~edisp/doc2019819291.pdf?utm_source=RSS&utm_medium=ICEX.es&utm_content=23-04-2019&utm_campaign=Ficha%20sector.%20Veh%C3%ADculos%20el%C3%A9ctricos%20en%20China%202019
- Schill, N. (2020). *Una guía simple para la carga de vehículos eléctricos*. Geotab.
- SectorElectricidad. (2015). *¿Son las partes de un motor eléctrico AC o DC?*. SectorElectricidad.
- Simon. (2019). *El vehículo eléctrico: Elementos principales y funcionamiento*. Corporate Simon.
- SM. (02 de Junio de 2020). *ABC*. Obtenido de https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-electricos-combustion-diferencias-consumo-rendimiento-y-coste-kilometro-202006020150_noticia.html
- Smadi, A., & Hussein, M. (2020). *ELECTRIC BUS IN MENA*. Obtenido de <https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2021/01/UITP-Electric-Bus-in-MENA-V5.pdf>
- SOCIETE GENERALE. (2020). *ONE STEP FURTHER IN DECARBONIZATION OF PUBLIC TRANSPORTATION: FINANCING OF NEW ELECTRIC BUSES IN SANTIAGO, CHILE, IS SIGNED*. Obtenido de <https://wholesale.banking.societegenerale.com/en/insights/clients-successes/clients-successes-details/news/one-step-further-decarbonization-public-transportation-financing-new-electric-bus-santiago-chile-sig/#:~:text=The%20deal%20to%20bring%20the,new%2Den>

- Suplemento - Registro Oficial No. 449. (19 de marzo de 2019). Ley Orgánica de Eficiencia Energética. Quito: Asamblea Nacional. Obtenido de <https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/Ley-Eficiencia-Energe%CC%81tica.pdf>
- The Engineering ToolBox. (2003). *Fuels - Higher and Lower Calorific Values*. Obtenido de https://www.engineeringtoolbox.com/fuels-higher-calorific-values-d_169.html
- Transport Canada. (2021). *Building a green economy: Government of Canada to require 100% of car and passenger truck sales be zero-emission by 2035 in Canada*. Obtenido de <https://www.canada.ca/en/transport-canada/news/2021/06/building-a-green-economy-government-of-canada-to-require-100-of-car-and-passenger-truck-sales-be-zero-emission-by-2035-in-canada.html>
- Trujillo, E. (2021). *Noruega se convierte en el primer país en vender más vehículos eléctricos que de gasolina*. motorpasion.
- Unión Europea. (2021). *Tribunal de Cuentas Europeo*. Obtenido de <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/electrical-recharging-5-2021/es/#chapter11>
- Vendrell, D. (21 de Diciembre de 2017). *Lease Plan*. Obtenido de <https://www.leaseplango.es/blog/comparativa/coche-combustion-vs-coche-electrico-gana/>
- VIRICITI. (2020). *E-BUS Performance*. Obtenido de <https://viriciti.com/wp-content/uploads/2020/07/ViriCiti-E-Bus-Performance-Report-July2020.pdf>
- Viswanathan, S., Appel, J., Chang, L., Man, I., Saba, R., & Gamel, A. (2018). *Development of an assessment model for predicting public electric vehicle charging stations*. Obtenido de <https://etr.springeropen.com/articles/10.1186/s12544-018-0322-8>
- VW. (12 de Marzo de 2021). *VW*. Obtenido de <https://www.vw.com.mx/es/experiencia/innovacion/que-es-un-auto-hibrido.html>
- Wappelhorst, S. (2021). *Update on government targets for phasing out new sales of internal combustion engine passenger cars*. Obtenido de https://theicct.org/sites/default/files/publications/update-govt-targets-ice-phaseouts-jun2021_0.pdf

Webedia Brand Services. (2019). *Shenzhen, la ciudad china que solo usa autobuses eléctricos*. Obtenido de <https://e-citroen.xataka.com/shenzhen-ciudad-china-que-solo-usa-autobuses-electricos/>

WORLD BANK. (2021). *ELECTRIFICATION OF PUBLIC TRANSPORT*. Obtenido de <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/35935/Electrification-of-Public-Transport-A-Case-Study-of-the-Shenzhen-Bus-Group.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

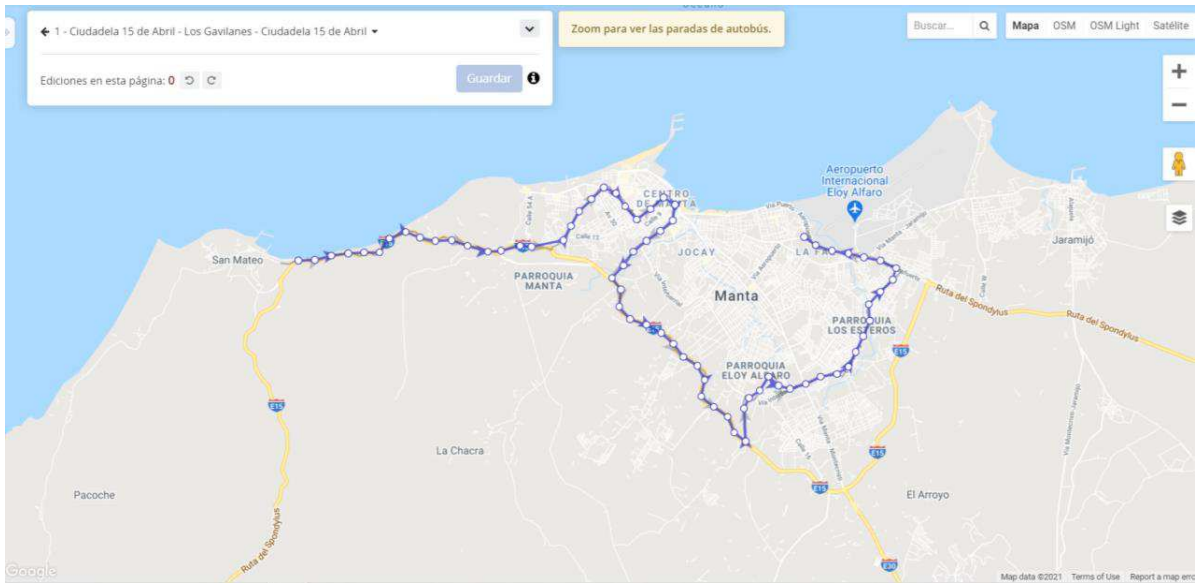
xataka. (2020). *Un impuesto a la carga del coche eléctrico: la contraproducente medida que proponen algunos países para compensar el nuevo modelo*.

ZeEUS. (2018). *ZeEUS eBus Report #2*. Obtenido de <https://zeeus.eu/uploads/publications/documents/zeeus-report2017-2018-final.pdf>

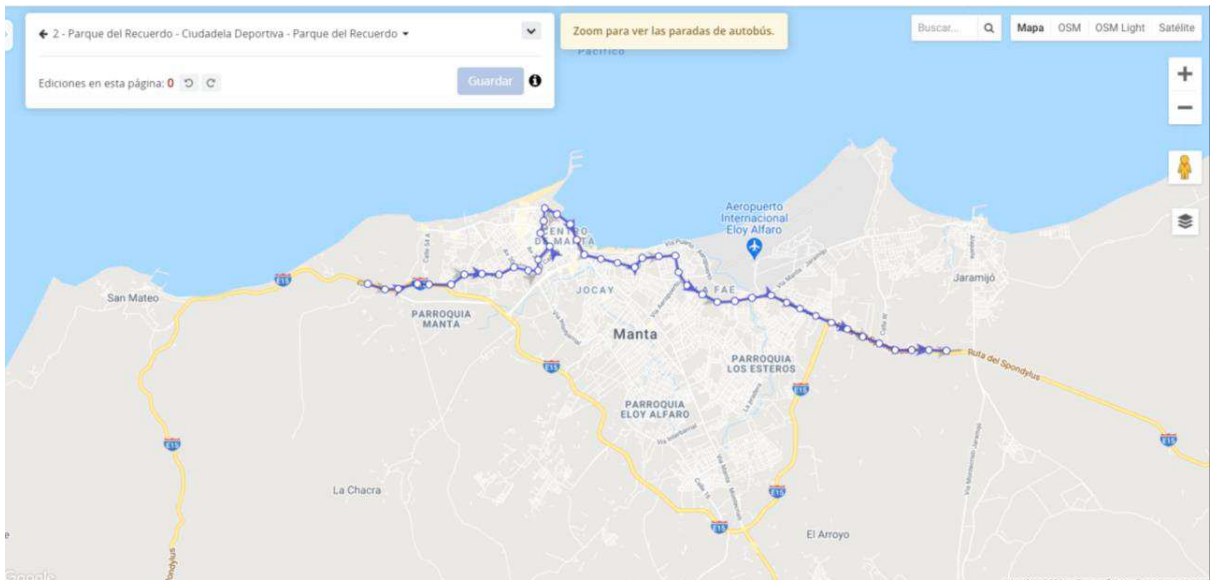
ANEXOS

Anexo 1: Líneas de ruta de transporte de Manta

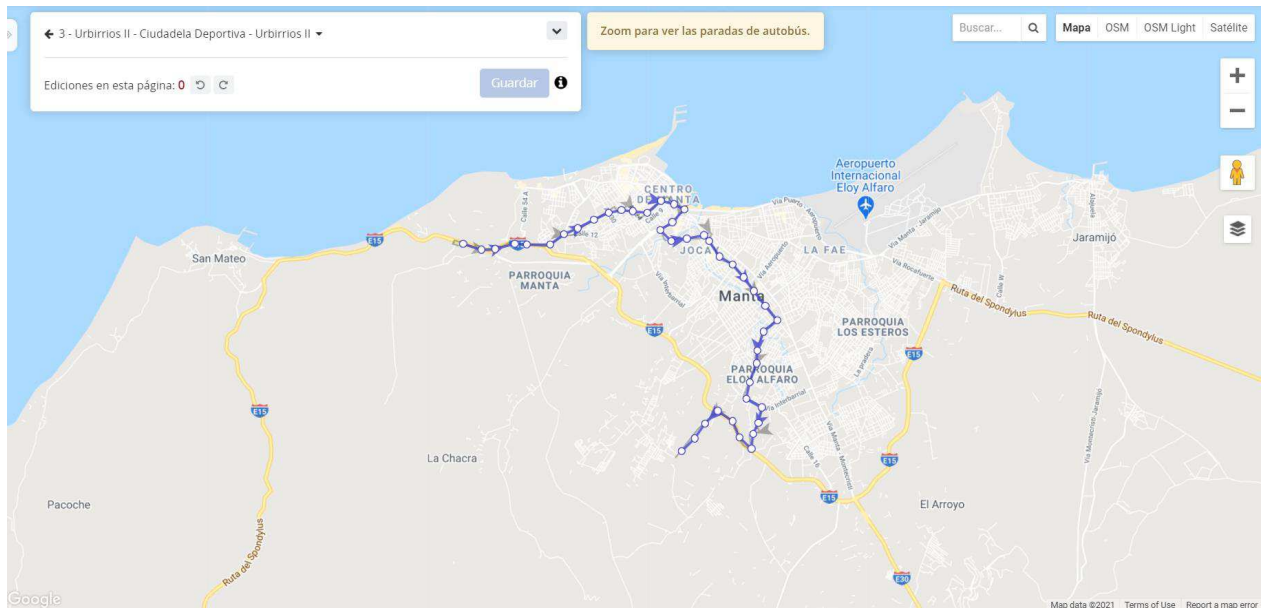
Línea 1



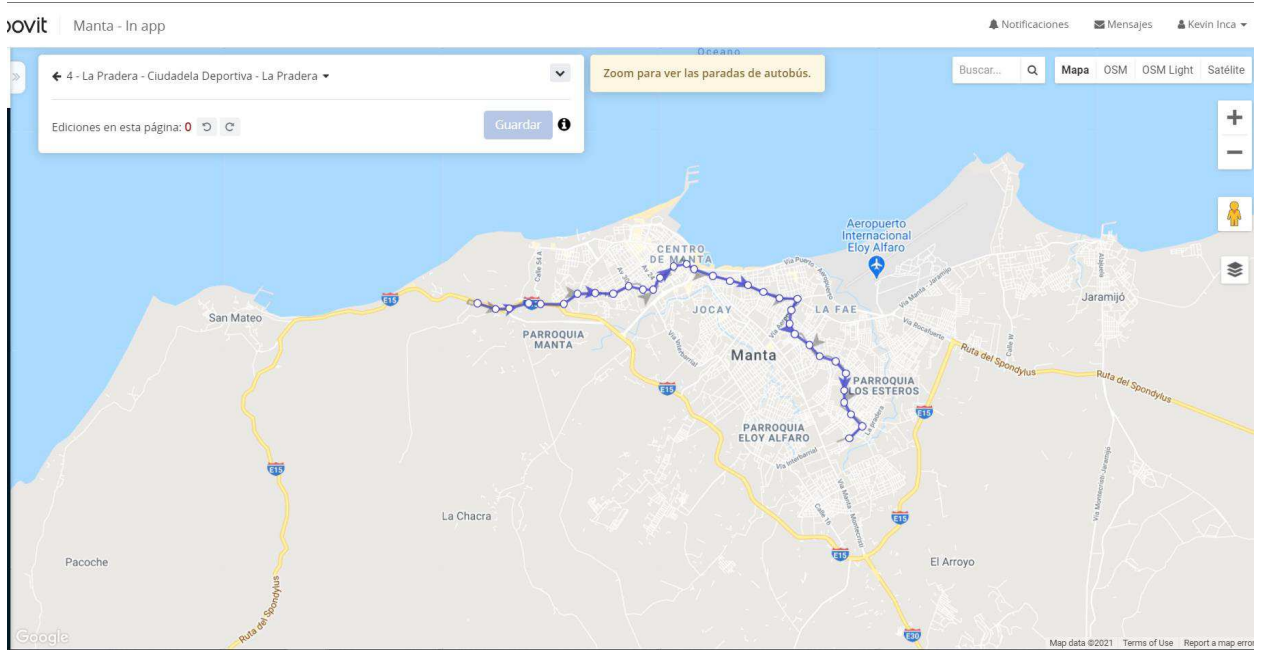
Línea 2



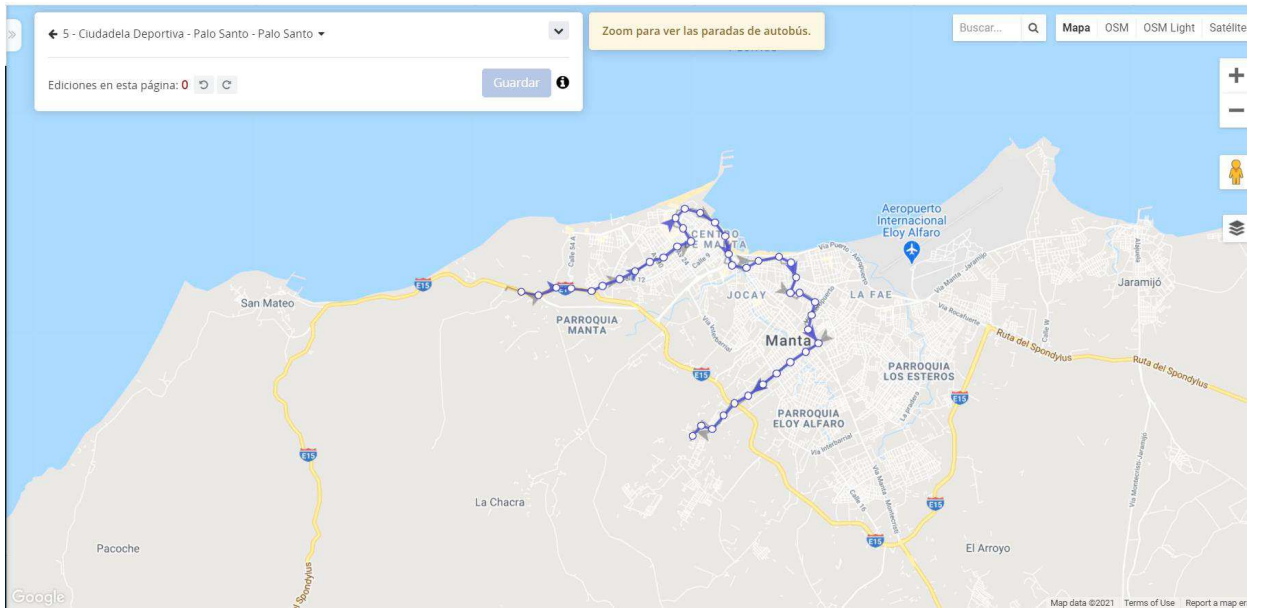
Línea 3



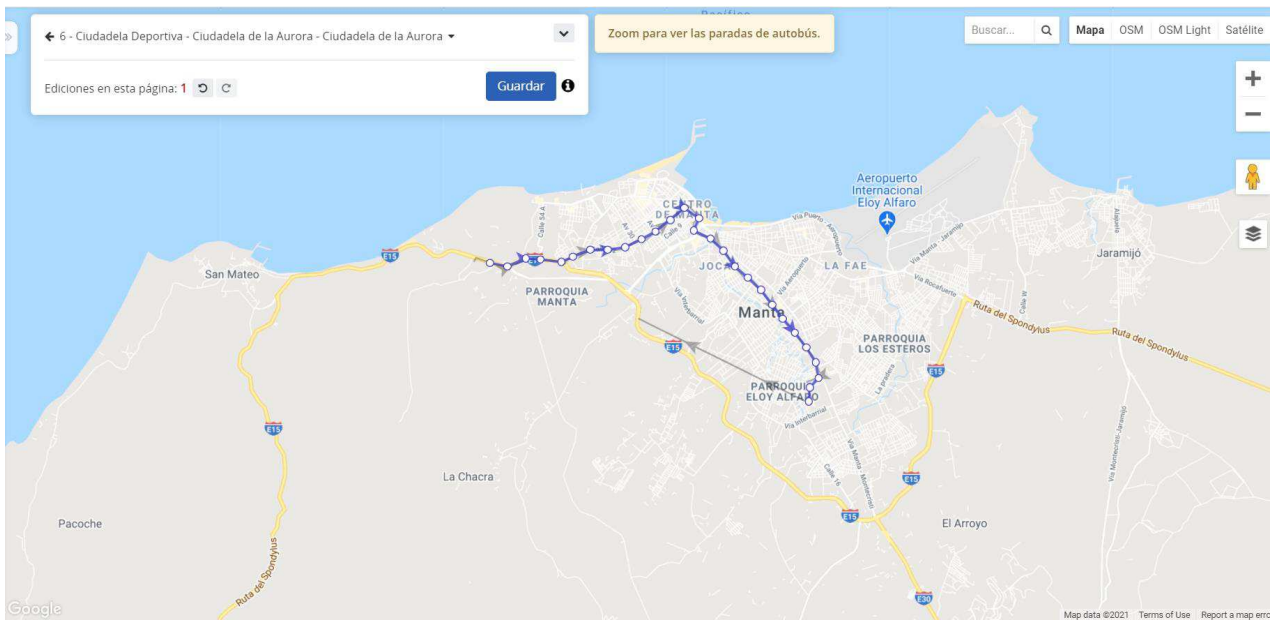
Línea 4



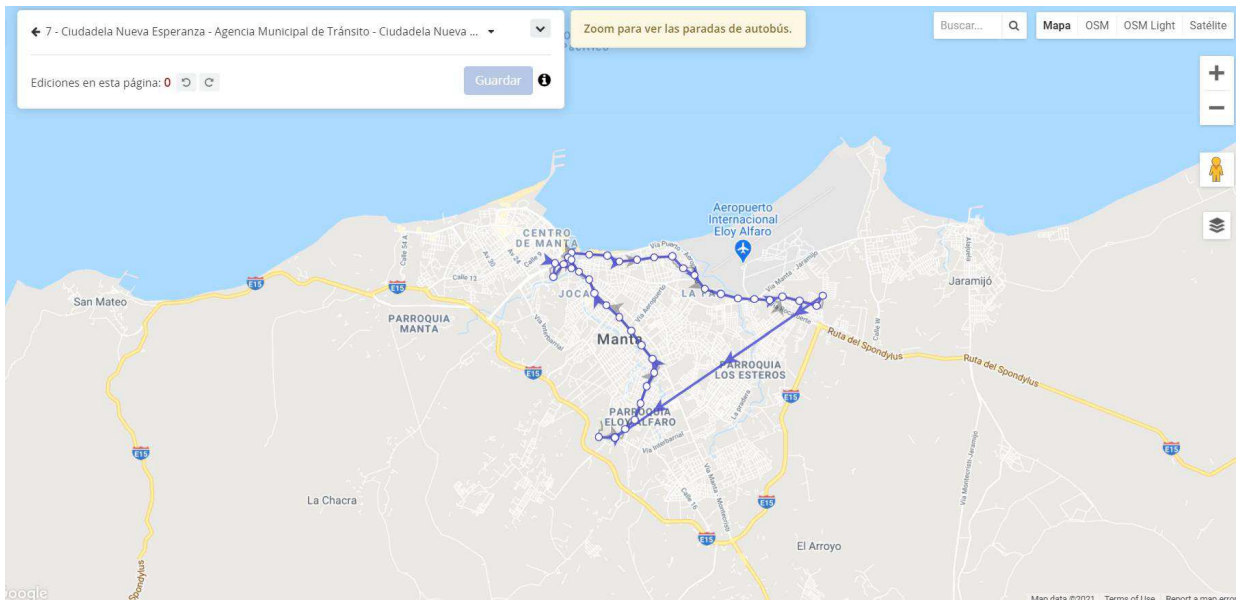
Línea 5



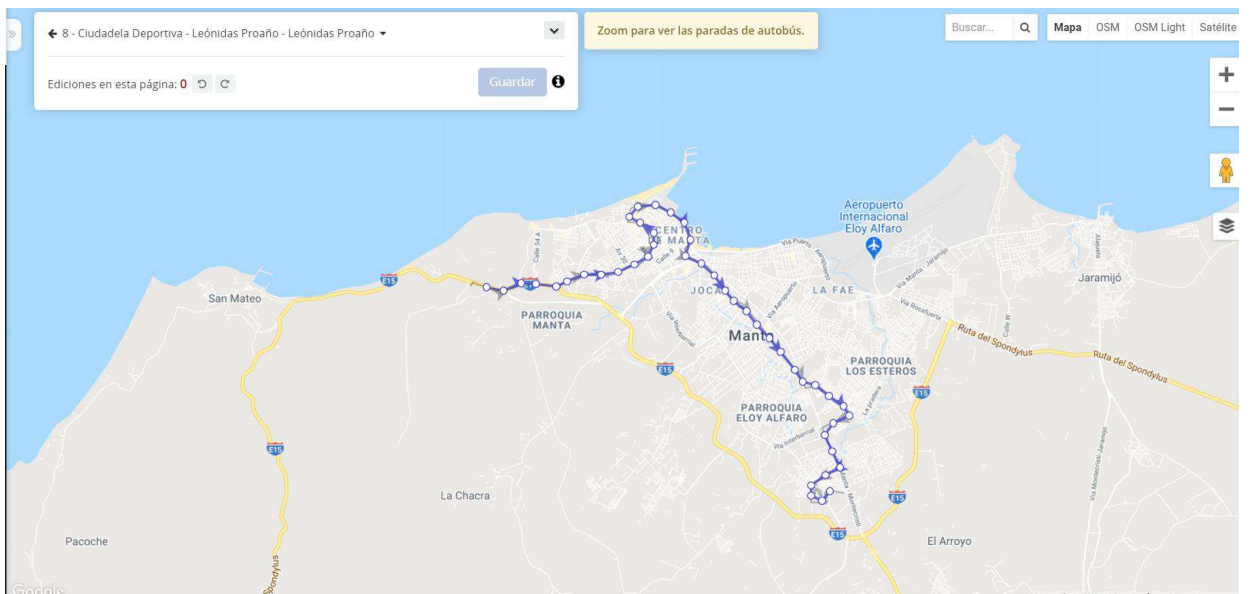
Línea 6



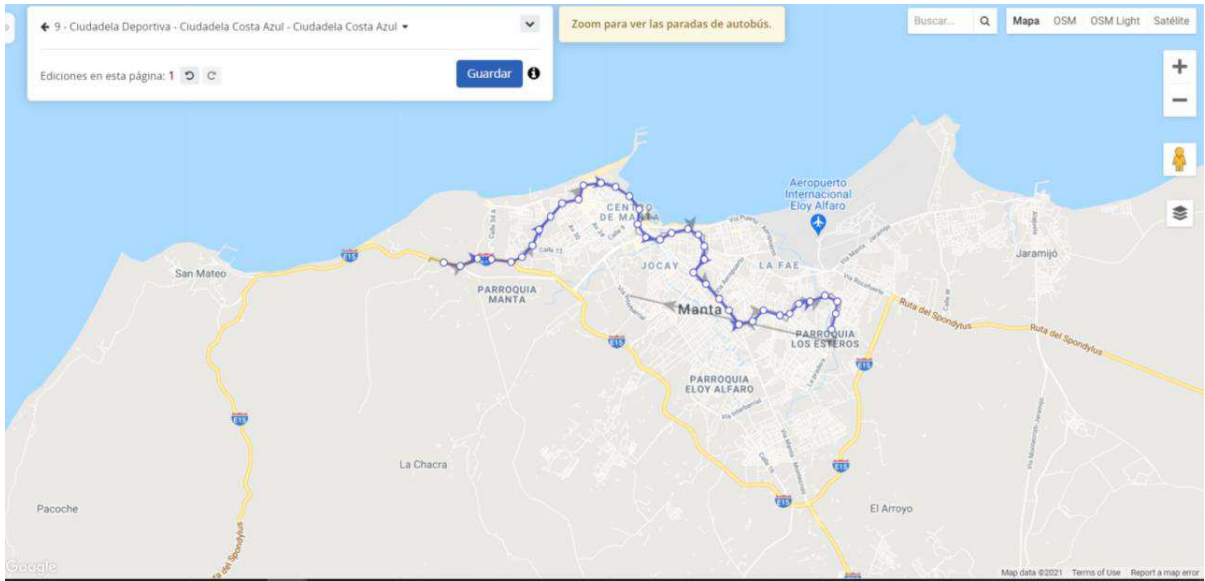
Línea 7



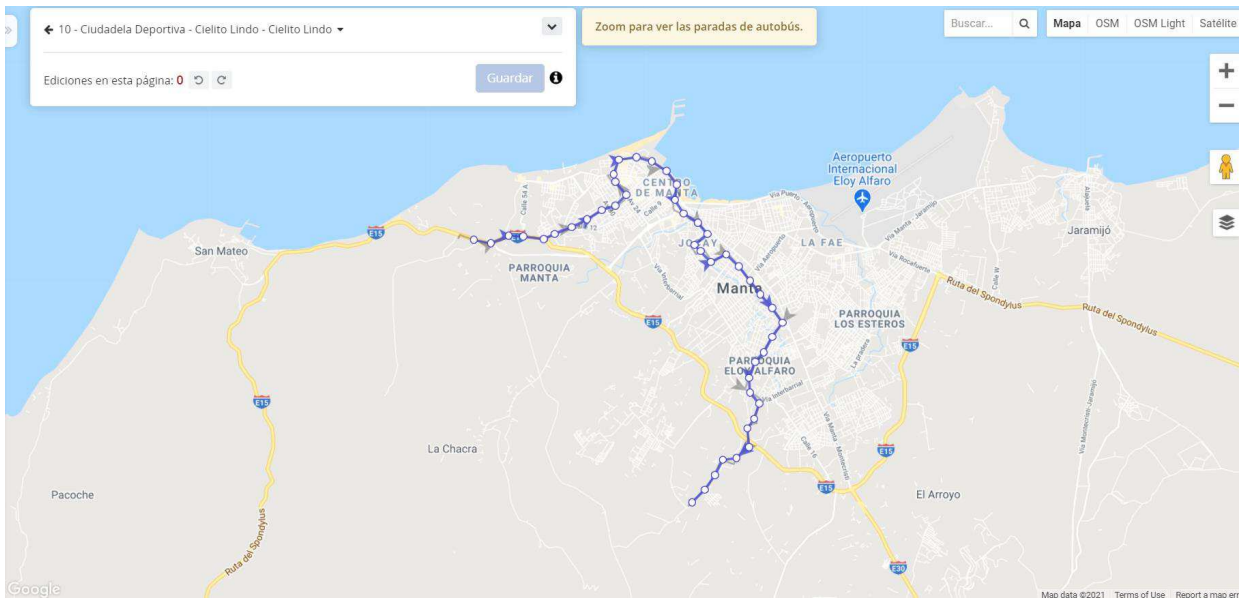
Línea 8



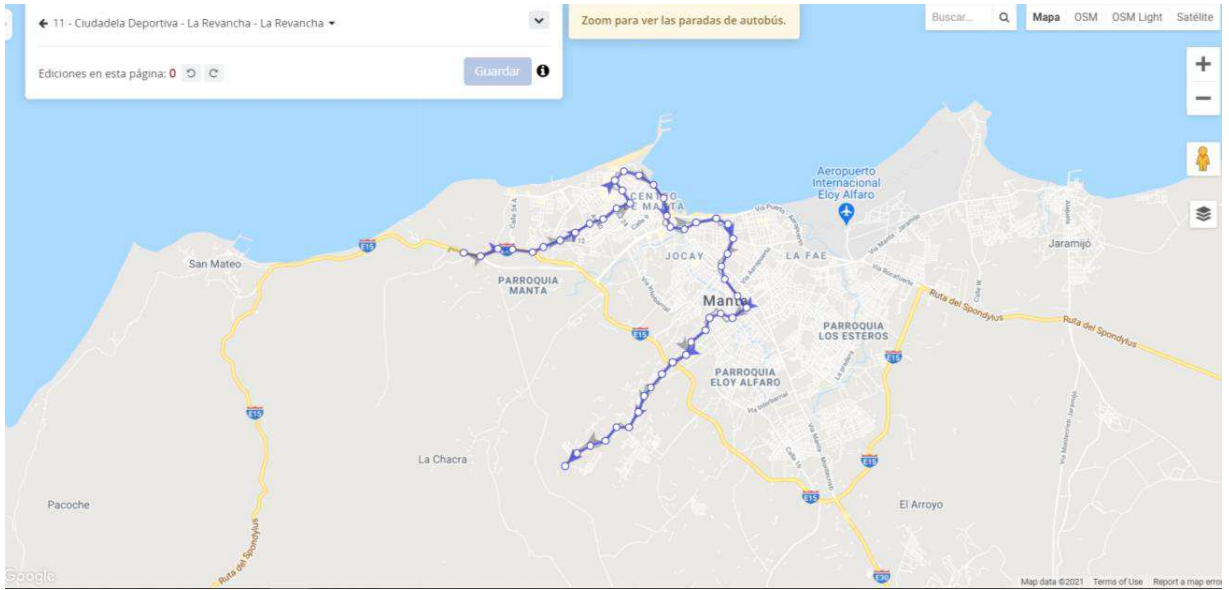
Línea 9



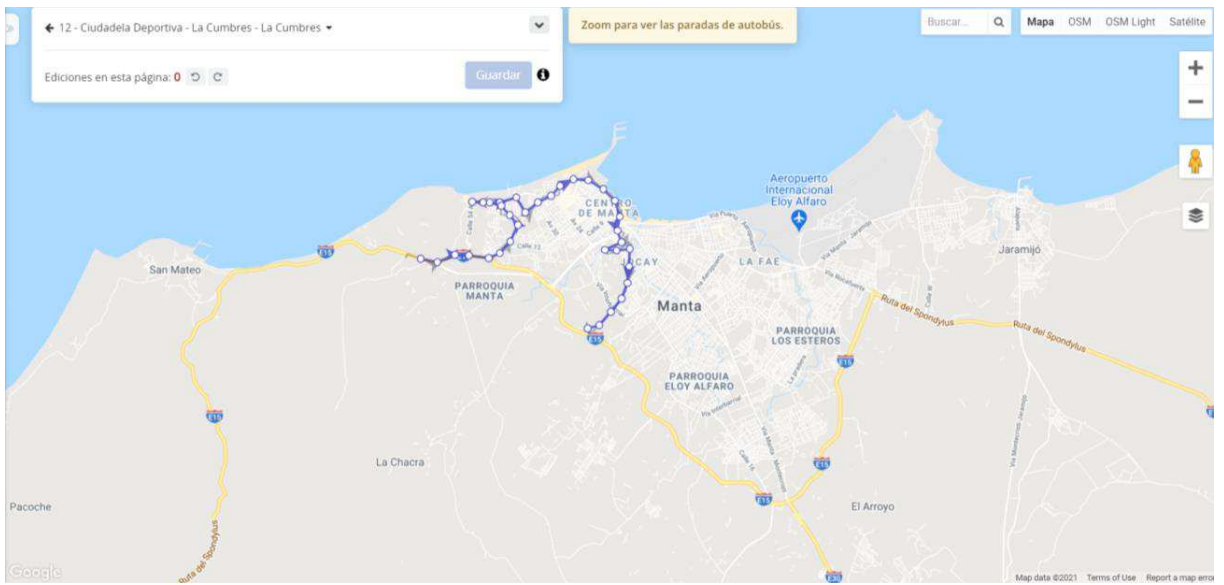
Línea 10



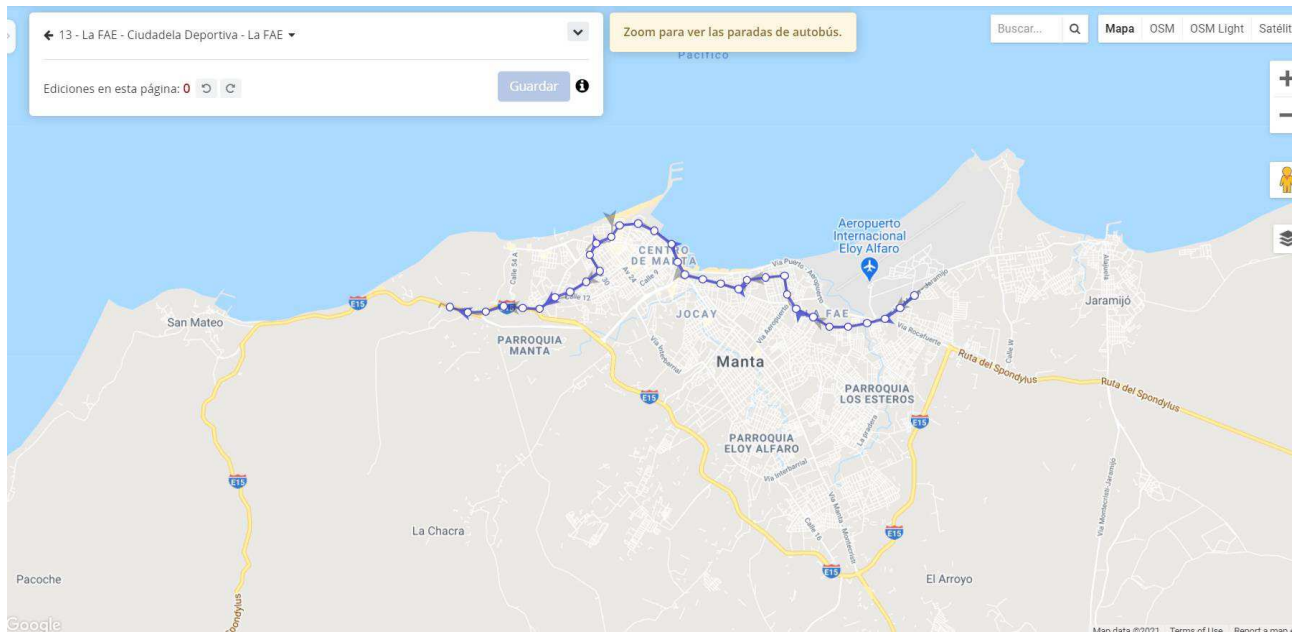
Línea 11



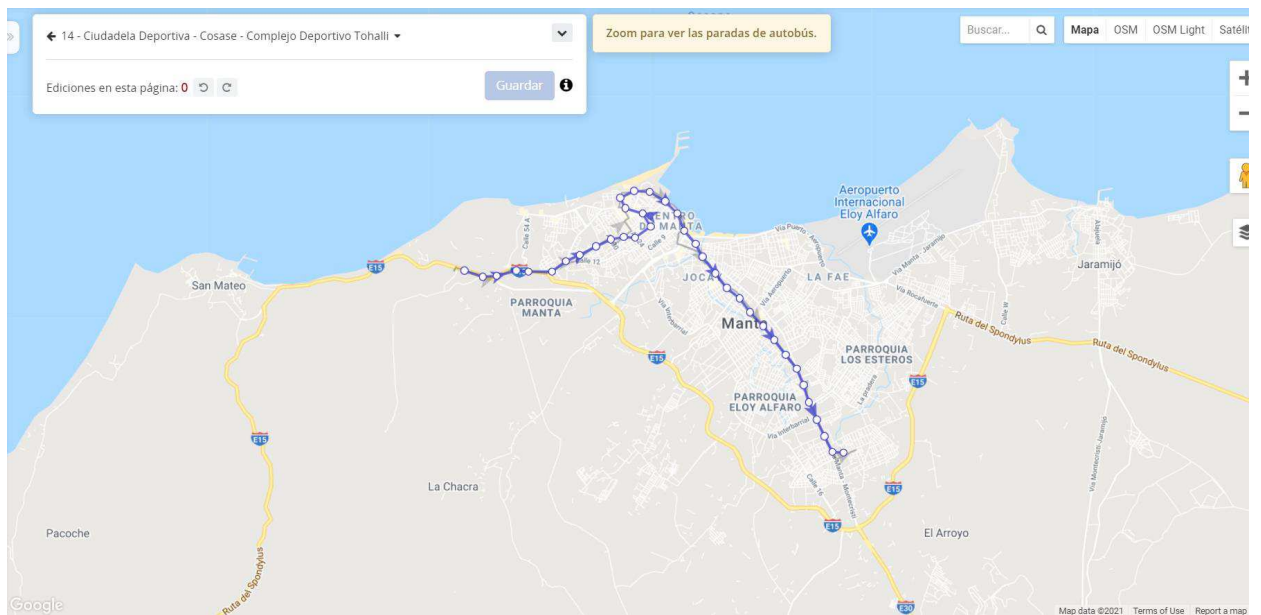
Línea 12



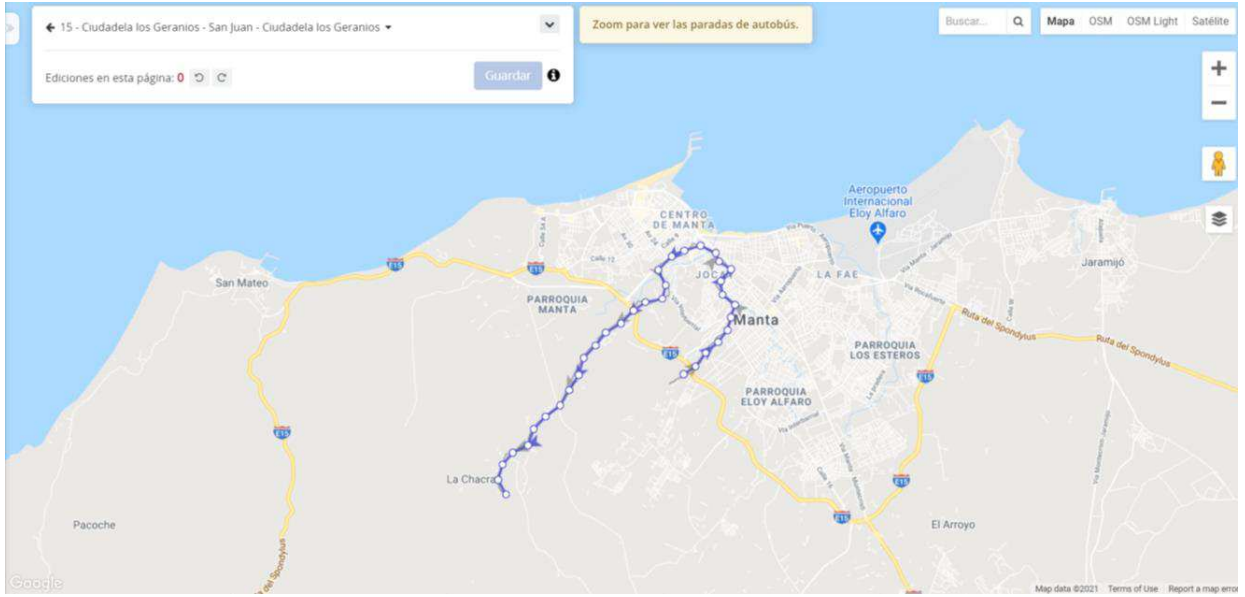
Línea 13



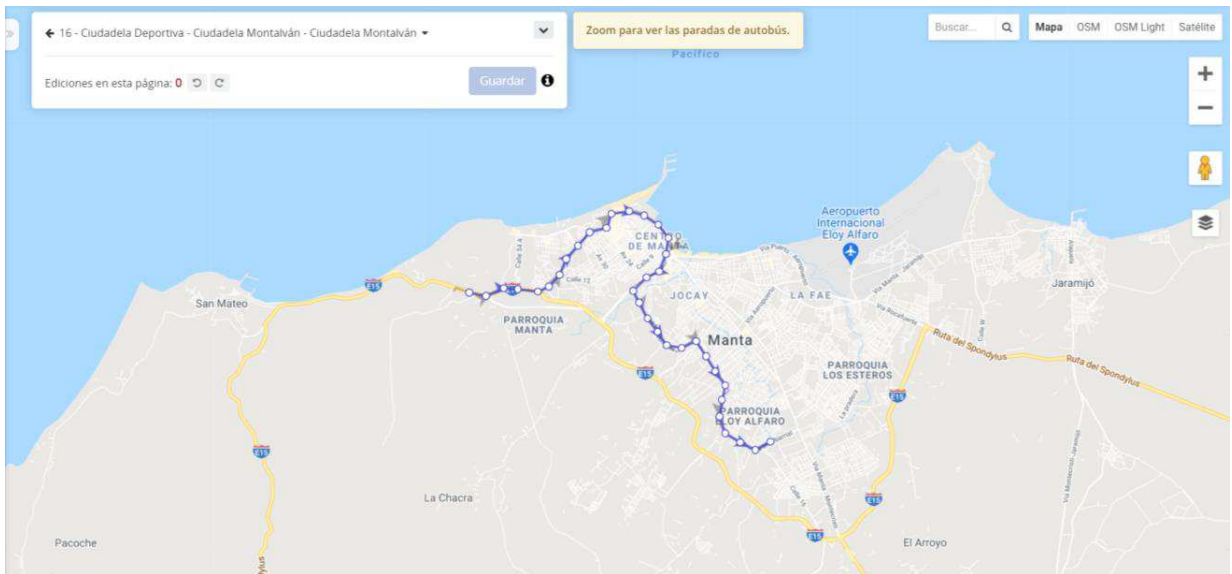
Línea 14



Línea 15



Línea 16



Línea 17

