

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA
DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL



**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA CIVIL**

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS COSTOS DE
ADQUISICIÓN Y OPERACIÓN DE BUSES A DIÉSEL Y
ELÉCTRICOS DESTINADOS A TRANSPORTE PÚBLICO.

AUTOR:

ALEXANDRA ELIZABETH SANTOS LOGAÑA

TUTOR:

ING. FREDI PAREDES

QUITO DM, DICIEMBRE DE 2022.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo:

A mi hermana, Dary, has sido la pieza más fundamental para no rendirme pese a tantas adversidades, saber que sigues mi ejemplo y mis pasos me ha dado la fuerza necesaria para culminar esta etapa de mi vida.

A José Santos, desde dónde sea que se encuentre se que está orgulloso de que haya logrado ser la primera ingeniera de la familia como me lo dijo cuando inicié mi carrera. ¡Lo logré abuelito!

A todos esos ángeles que la vida puso en mi camino para que yo pudiera culminar mis estudios en esta universidad; Pedro Encalada, María Rodríguez, Andrea Pilataxi, Marcos Jácome, Familia Cevallos. Me demostraron cariño, amistad, voluntad, y por sobre todo confiaron en mí, que grato saber que me extendieron su mano y me ayudaron a ser hoy, una profesional.

A mis mejores amigas, Lesly y Andrea, por haberme apoyado siempre con sus consejos y ánimos, por hacerme entender lo valiosa y fuerte que he sido, de las mejores cosas que me ha pasado es coincidir con ustedes en esta vida.

A mis pequeñas hermanas Valery y Montserrat, por ser una nueva luz y alegría en mi vida, impulsaron mis ánimos para que puedan ver en mi un buen ejemplo.

Y con mayor relevancia Cris, quiero dedicarte este trabajo, por nunca haberme dejado sola en ningún sentido, éste es el fruto de mis esfuerzos y de tu apoyo incondicional, gracias por ser, por estar, por dar todo y tanto, sin ti no estaría contando la misma historia.

Alexandra Elizabeth Santos Logaña.

AGRADECIMIENTO

Quiero dar gracias a la vida, al universo, a cuál sea la deidad que me tiene aquí y ahora, por darme la oportunidad y la capacidad de estudiar esta hermosa carrera, Ingeniería Civil.

Estoy profundamente agradecida con esta institución; La “Pontificia Universidad Católica del Ecuador” y con toda la comunidad que me abrieron las puertas para formarme como profesional y como una mejor persona. Con cada docente que tuve la oportunidad de conocer y compartir a lo largo de mi vida universitaria, de cada uno me llevo parte de sus conocimientos, experiencias profesionales, y de varios incluso una amistad y profundo cariño, en especial quiero agradecer al Ing. Fredi Paredes por guiarme desde escoger el tema de mi trabajo de titulación hasta el último día, con su paciencia y apoyo logré culminar este trabajo, gracias también a los ingenieros Paúl Enríquez y Juan Pablo Solorzano mis correctores, por sus conocimientos impartidos.

Quiero agradecer a mis padres, José Santos y Georgina Logaña, por darme la vida, por haberse sacrificado por algún tiempo para que yo pueda empezar a estudiar mi carrera universitaria, por su cariño, y por haberme dejado escoger la carrera que quise estudiar, por lo mucho o poco, gracias papá y mamá.

Alexandra Elizabeth Santos Logaña.

ABSTRACT

This dissertation work will focus on a comparative analysis between the acquisition cost, operation cost and maintenance cost between a diesel articulated bus and an electric articulated bus for public transportation in the city of Quito, for this purpose it will be necessary to acquire several data, which will have to be processed in a selective way. In this way, it will be possible to know the benefits and disadvantages of each transportation system, respectively.

The study has been conducted based on a prototype electric articulated bus that provided service in the Central North Corridor for several months in 2018, currently, in the city of Quito, there are no electric units in public service in operation. With the objective of studying if the economic-social situation of the city allows the implementation of a new technology for public transportation, in addition to analyze if it is an advantage as a contribution to the improvement of the environment, or if on the contrary negative externalities will be created regarding the same environmental issue and the subsequent management of used batteries, it will also be analyzed if the conventional diesel fleet is functional and/or convenient.

In the second chapter we will discuss in more detail the operational and functional characteristics of each bus system, electric and diesel respectively, and with more emphasis on the conventional transport system that the city has been using up to now, i.e. the diesel transport system, and we will try to determine the reasons why the electric transport system has not yet been implemented.

CONTENIDO

INDICE DE TABLAS	4
INTRODUCCIÓN	6
1 CAPITULO I: GENERALIDADES	7
1.1 Antecedentes	7
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	13
1.4 OBJETIVOS.....	14
1.4.1 Objetivo General	14
1.4.2 Objetivos Específicos	14
1.5 ALCANCE.....	15
1.6 HIPÓTESIS.....	15
2 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 Transporte terrestre.....	16
2.1.1 Clasificación del Transporte Terrestre	16
2.1.2 Transporte Público Terrestre (Urbano).	17
2.1.3 Sistemas Bus de Tránsito Rápido (BRT)	19
2.1.4 Descripción de los sistemas; Bus de Transporte Rápido (BRT) en Quito	20
2.1.5 Sistema de Transporte del Corredor Central Norte	21
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	22
3 CAPITULO III: FACTORES DE OPERACIÓN EN BUSES ARTICULADOS DEL CORREDOR CENTRAL NORTE.....	23
3.1 CONCEPTOS PREVIOS	23
3.1.1 BUSES ARTICULADOS.....	23
3.2 Características de las rutas.....	24
3.3 Terminales.....	26
3.4 Demanda de pasajeros	28
3.5 Distancias recorridas.	29
4 CAPÍTULO IV: BUSES ARTICULADOS A DIÉSEL	32
4.1 ANÁLISIS DE LOS COSTOS; FIJOS Y VARIABLES DEL BUS ARTICULADO.	32
4.1.1 COSTOS VARIABLES.....	33
4.1.2 COSTOS FIJOS.....	34

4.1.3	COSTOS DE INVERSIÓN	36
4.1.4	COSTOS POR CADA PARADA.....	36
4.1.5	COSTOS MANTENIMIENTO PARADAS	38
4.1.6	COSTOS RECURSOS HUMANOS	39
4.1.7	COSTOS ADMINISTRATIVOS Y OPERATIVOS	40
4.1.8	COSTOS DE RECAUDACIÓN.....	41
4.1.9	COSTOS COMPLEMENTARIOS.....	41
4.2	VIDA ECONOMICA UTIL	42
4.3	VENTAJAS DE UN MOTOR A DIÉSEL	43
4.4	DESVENTAJAS DE UN MOTOR A DIÉSEL.....	43
5	CAPÍTULO V: BUSES ARTICULADOS ELÉCTRICOS	44
5.1	Referencias acerca de usos, funciones y beneficios	44
5.1.1	E-Buses alrededor del mundo.	45
5.1.2	E-Buses y la electro movilidad en Latinoamérica.	46
5.1.3	E-Buses en la ciudad de Guayaquil.....	48
5.1.4	Pruebas de E-Buses en Quito.....	49
5.2	ACERCA DE LA EMPRESA BYD.....	50
5.3	INFRAESTRUCTURA PARA EL FUNCIONAMIENTO DE BUSES ELÉCTRICOS ..	51
5.3.1	Requerimientos para la carga del autobús eléctrico: Infraestructura	51
5.3.2	Consideraciones de infraestructura y de ingeniería civil en el sistema	51
5.3.3	Infraestructura de carga instalada durante el período de prueba	52
5.4	PERIODO DE PRUEBA TÉCNICAS/MECÁNICAS DEL BUS ARTICULADO BYD K11A 53	
5.4.1	Definición de las Rutas de Prueba	53
5.4.2	Capacitación a Conductores.....	54
5.4.3	Desempeño del vehículo y patrones de conducción.....	54
5.4.4	Medición de ruido.....	54
5.4.5	Definición de las Rutas de Prueba	55
5.4.6	Desempeño del vehículo y patrones de conducción.....	55
5.4.7	Medición de Ruido	58
5.4.8	Impacto económico.....	59
5.5	VENTAJAS DURANTE EL PERIODO DE PRUEBA DEL BUS ARTÍCULADO ELÉCTRICO.....	61

5.6	COSTOS DE OPERACIÓN POR KM DE UN BUS ELÉCTRICO K11A.	62
5.7	PLAN DE COSTOS DE MANTENIMIENTO PARA EL BUS K11A	63
5.8	COSTOS VARIABLES BUS ARTICULADO ELÉCTRICO.....	64
6	CAPÍTULO VI: METODOLOGÍA DE COMPARACIÓN EN COSTOS DE AMBOS BUSES ARTICULADOS; A DIÉSEL Y ELÉCTRICO.....	65
6.1	TABULACIÓN DE DATOS.....	66
6.1.1	Detalle de Inversiones.	66
6.1.2	Flujo de Depreciación.....	67
6.2	COSTOS DE MATRICULACIÓN Y REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR.	68
7	CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	70
7.1	CONCLUSIONES.....	70
7.2	RECOMENDACIONES	72
8	Bibliografía	74

INDICE DE GRÁFICOS.

GRÁFICO 1	CLASIFICACIÓN DEL TRANSPORTE TERRESTRE URBANO.....	17
GRÁFICO 2.	VIAJES EN TRANSPORTE MOTORIZADO Y NO MOTORIZADO.	18
GRÁFICO 3.	TIPO DE TRANSPORTE QUE UTILIZAN LAS PERSONAS PARA VIAJAR.	18
GRÁFICO 4.	SISTEMA BRT CORREDOR CENTRAL NORTE.....	21
GRÁFICO 5.	TIPO DE PAVIMENTO EN CARRILES EXCLUSIVOS DEL CORREDOR CENTRAL NORTE.	24
GRÁFICO 6.	TRES CARRILES EN PARADAS DEL CORREDOR CENTRAL NORTE.....	25
GRÁFICO 7.	PARTERRE CENTRAL EN VARIOS TRAMOS DEL CORREDOR CENTRAL NORTE.	26
GRÁFICO 8.	DETALLE GRÁFICO DE LAS PARADAS DEL CCN.	28
GRÁFICO 9.	CUADRO RESUMEN DE COSTOS FIJOS.	35
GRÁFICO 10.	GASTOS COMPLEMENTARIOS DEL CCN.....	42

GRÁFICO 11. DESCRIPCIÓN DEL TRANSFORMADOR DE CARGA PARA BUSES ELÉCTRICOS EN CCN.....	52
GRÁFICO 12. ELECTROLINERA PARA BUSES ELÉCTRICOS DEL CCN.....	53
GRÁFICO 13. KM RECORRIDO EN EL PERIODO DE PRUEBA VS CAPACIDAD DE BATERÍA.....	56
GRÁFICO 14. DATOS DIARIOS DE AUTONOMIA; KM RECORRIDOS VS CAPACIDAD DE BATERIA.	57
GRÁFICO 15. COMPARACIÓN DECIBELES ENTRE BUS ELÉCTRICO VS BUS A DIÉSEL.....	59
GRÁFICO 16. BUS ARTICULADO ELÉCTRICO EN OPERACIÓN.....	60
GRÁFICO 17. BUS ARTICULADO ELÉCTRICO EN OPERACIÓN.....	61

INDICE DE TABLAS

TABLA 1	27
TABLA 2	29
TABLA 3	30
TABLA 4	31
TABLA 5	32
TABLA 6	36
TABLA 7	37
TABLA 8	38
TABLA 9	39
TABLA 10	40
TABLA 11	41
TABLA 12	58
TABLA 13.....	60

TABLA 14.....	62
TABLA 15.....	63
TABLA 16.....	64
TABLA 17.....	66
TABLA 18.....	67
TABLA 19.....	68
TABLA 20.....	69
TABLA 21.....	70

INTRODUCCIÓN

Este trabajo de disertación se centrará en un análisis comparativo entre el costo de adquisición, el costo de operación y el costo de mantenimiento entre un bus articulado a diésel y un bus articulado eléctrico que están destinados al transporte público en la ciudad de Quito, para esto se necesitará adquirir varios datos, los cuales se tendrán que procesar de una forma selectiva. De esta manera, se logrará conocer los beneficios y las desventajas en cada sistema de transporte, respectivamente.

El estudio se ha realizado en base a un prototipo de bus articulado eléctrico que brindó servicio en el Corredor Central Norte durante varios meses en 2018, actualmente, en la ciudad de Quito, no existen unidades eléctricas en el servicio público en operación. Con el objetivo de estudiar si la situación económico-social de la ciudad permite la implementación de una nueva tecnología para el transporte público, además analizar si es una ventaja como aporte a la mejora del medio ambiente, o si por el contrario se crearán externalidades negativas en cuanto al mismo tema ambiental y el manejo posterior de las baterías usadas, se analizará también si la flota convencional a diésel es funcional y/o conveniente.

En el segundo capítulo con más detalle se hablará acerca de las características operacionales, y de funcionalidad de cada sistema de bus, eléctrico y a diésel respectivamente, y con más énfasis, del sistema de transporte convencional con el que se ha manejado la ciudad hasta la actualidad, es decir el sistema de transporte a diésel, y se tratará de determinar las razones de por qué no se ha implementado aún el sistema de transporte eléctrico.

Al desarrollar el segundo capítulo se tomarán en consideración todos los factores operacionales del sistema de transporte Corredor Central Norte donde realiza los circuitos de recorrido el bus articulado, es decir condiciones actuales de las vías, tiempos diarios de recorrido por rutas, capacidad de usuarios, distancias de recorrido y las terminales.

En adelante se desarrollará el documento en base a los datos técnicos recopilados para contemplar los costos en cada etapa funcional del sistema de transporte público dentro de su vida útil, de igual manera se analizará una comparativa con los costos del bus articulado eléctrico que fue prototipo de prueba en 2018 y las proyecciones económicas actuales.

1 CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

El transporte público es un modo de desplazamiento para personas desde un punto hacia otro dentro de ciudades o comunidades cercanas, en áreas urbanas de tamaño medio se requiere en su gran mayoría un tipo de transporte urbano. Por lo general son los municipios quienes se encargan de manejar estos servicios, aunque también es posible que el servicio lo maneje alguna entidad privada. Con el pasar de los años las tecnologías han evolucionado y el transporte no es excepción, su servicio ha sido mejor a través del tiempo, actualmente existen ya buses eléctricos y su implementación en distintas partes del mundo.

La movilidad en la actualidad, es una complejidad y una preocupación para varias ciudades del mundo, sobre todo en Latinoamérica. Por esa razón, fijando la mirada en ciudades más avanzadas del primer mundo, se plantea propuestas para construir un sistema de transporte más eficiente, que tenga mejor éxito, donde se evite depender del uso de

vehículos livianos. Con esto nos enfocamos en obtener alternativas incluyentes para la comunidad, que se evite tener impactos ambientales severos e irreversibles, pero sobre todo que sean muy eficientes en el ámbito económico. Se analiza tener como prioridad un fortalecimiento en el transporte público, incentivos para disminuir la movilidad motorizada, y del transporte privado.

El ex alcalde de Quito, Guarderas, comentó que los avances han sido notorios, debido a que la gran mayoría de los proyectos del DMQ (Distrito Metropolitano de Quito) están en ejecución, argumenta que al comparar su actual gestión con la de períodos anteriores es visible que la inversión y el desarrollo interno de la ciudad forman un acceso más equitativo al transporte público. También analiza el hecho de que las empresas están en capacidad de cumplir las necesidades de una comunidad que viene derivado de desarrollo tecnológico y el incremento incalculable de las ciudades, esto es una gran desventaja hacia las mismas debido a que necesitan estar en constantes actualizaciones y creación de nuevas estrategias para cada vez superar las expectativas de cada uno de sus clientes.

En nuestro país contamos con diferentes tipos de medios de transporte públicos, como son: los buses interprovinciales, interparroquiales, intercantonales, corredores, alimentadores, integrados, y taxis, que complementan el desarrollo de cada ciudad. Los usuarios pueden percibir el servicio de transporte público debido a que es útil permitiendo que se puedan trasladar ya sea distancias cortas o largas en un determinado tiempo de su día.

Los Gobernantes en turno están obligados a mantener un buen sistema de transporte por tratarse de un tema de servicio público, esto implica el constante mejoramiento de las vías, carreteras y autopistas, mantener un adecuado uso y estado las señalizaciones

correspondientes; como los semáforos y estar en una actualización constante de ordenanzas y leyes que normalicen el buen uso del transporte público, y aunque es lo ideal, lamentablemente no siempre se cumple.

Implementar leyes de orden y control relacionadas a la calidad de los servicios de transporte le corresponde a la administración pública, sin dejar de tomar en cuenta la seguridad vial y el cumplimiento de las normativas ya establecidas.

En Quito existen cuatro sistemas integrados de transporte: El Ecovía, El Trolebús, El sistema Troncal Occidental que se deriva en Corredor Central Sur y Corredor Central Norte (CCN) debido a que la ciudad por su topografía hace que se convierta en una tarea difícil, de todas formas, estos sistemas ayudan a los ciudadanos a moverse de manera más ligera a sus destinos.

(Álvarez, 2019) sugiere que casi el 99% de los autobuses eléctricos del mundo están en China, esto ya se empieza a notar en la demanda mundial de petróleo, un estudio realizado por Bloomberg NEF (New Energy Finance, por sus siglas en inglés) se ha reducido en un 3% aproximadamente el consumo global de petróleo gracias a los vehículos eléctricos que se han ido implementando desde el 2011, lo realmente relevante de este dato es que en su mayoría se debe al aumento de la demanda de buses eléctricos. La ciudad de Shenzhen en China es un buen ejemplo, cuentan ya desde el 2017 con una flota completa de buses 100% eléctricos, dicha ciudad con más de 12 millones de habitantes demostró que algo así es una posibilidad de alto potencial, sustituyeron alrededor de 16 000 buses, por unos eléctricos y posterior crearon una nueva ley que prohíbe hacer uso de buses que utilicen combustión interna.

Necesitan una sola carga los autobuses eléctricos para operar una jornada completa cumpliendo horarios con una gran capacidad de transportar personas, es una ventaja clara de estos buses.

Un aporte significativo de emisiones de CO₂ le corresponde al sistema de transporte de Latinoamérica, por poner un ejemplo, si se radicalizara la situación y se lograra reemplazar flotas completas de buses y taxis de apenas 22 ciudades de América Latina el ahorro sería de casi \$64 millones en combustible, y se evitaría la emisión de aproximadamente 300 millones de toneladas de dióxido de carbono, porcentualmente hablando tenemos una reducción del 2,6 % de emisión de CO₂ producido por transporte público.

(Jácome, 2019) sugiere que, urge un reemplazo de flota en la ciudad por unidades que usen energías limpias, según Fabián Espinoza el director del Centro de Capacitación e Investigación en Control de emisiones vehiculares de la Escuela Politécnica Nacional. La fortaleza que define a los buses eléctricos es la no contaminación ambiental, por el contrario, se emiten en promedio 192 toneladas métricas de CO₂ anuales por un bus a diésel. Otro punto importante que señala Espinoza es la complejidad de la geografía de la ciudad por lo tanto cualquier bus que se vaya a adquirir debe ser diseñado para operar en esa complejidad topográfica, o realizar un análisis de rutas adecuadas.

Hace ya dos años en alianza con la empresa BYD (Build Your Dreams, por sus siglas en inglés), el Corredor Central Norte puso en operación por periodo de prueba a un par de buses eléctricos; un articulado y un estándar, para analizar la eficiencia en las muy complejas cuevas de nuestra ciudad Ney Jiménez Gerente de la operadora CCN comenta que los buses

desarrollaron una operación con normalidad, confirma que las unidades eléctricas son aptas para el recorrido en la capital, el bus estándar cubrió la ruta de los buses Águila Dorada con una capacidad al límite de 90 personas no tuvo inconvenientes en subir las cuestas pronunciadas del barrio Atucucho, norte de Quito.

El bus articulado que se probó en la ruta La Ofelia- La Marín enfrenta tres cuestas importantes en su trayecto: la del desnivel de la Mañosca (que es larga y tiene una pendiente), la de la parada Consejo Provincial (desde la Manuel Larrea hasta Santa Prisca) y la de La Marín (desde el Playón hacia el Mercado Central, sobre el paso elevado). En los dos últimos puntos, el bus suele detenerse por completo en media cuesta debido al tráfico, pero vuelve a arrancar y sube sin problemas.

La Coordinadora de Mantenimiento y Operaciones del Corredor Central Norte, Julia Mena, comenta que en cuanto a la alta potencia de los motores de dichos buses a pesar de que sus motores sean pequeños no presentan dificultades al enfrentarse a las cuestas de la capital, suben sin mayor problema. No existe una reglamentación actual que permita el libre tránsito de estas unidades, nos explica que no se ha creado aun una ordenanza municipal que regule la eficiencia energética, la disposición final de las baterías y su posterior uso, el desecho de los motores por lo tanto el mayor riesgo es convertir a la ciudad en un basurero electrónico, y ese es un gran inconveniente. (Jácome, 2019)

El jalón al arranque, el sacudir al pasajero, la generación de ruido, de CO2, y el evitar una grada de 30 cm para abordar a un bus son pocas de las diferencias abismales entre un bus eléctrico y uno a diésel.

Un automotor eléctrico en 10 años genera un ahorro de \$200 000 comparado con un bus a diésel, además de que los buses eléctricos omitirían el subsidio del combustible, esto genera para el gobierno un ahorro de \$ 6000 anual únicamente en un automotor, otra sería la cantidad significativa con un cambio de flota completa. La desventaja sería el costo de adquisición que con valores aproximados un articulado eléctrico tiene un costo de \$ 600 000 mientras que un articulado a diésel apenas cuesta \$ 360 000 casi la mitad menos del valor referencial.

La idea es que antes de cambiar la flota en la ciudad el Municipio genere una legislación de homologar los buses eléctricos y así crear una normativa técnica y jurídica, Jiménez coincide con Espinoza en cuanto a lo expuesto. Pero lo también necesario y no menos importante es la implementación de infraestructura para las recargas de los buses eléctricos y sus electrolineras que alimentan con energía a los automotores. (Jácome, 2019)

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Como sociedad la meta es llegar a crear ciudades resilientes e innovadoras, pero existen varios factores y costumbres de épocas pasadas que arrastran problemáticas complicadas de cambiar. Los aspectos sociales, económicos y políticos influyen tanto en el desarrollo como en la regresión de una ciudad.

La ciudad de Quito no cuenta aún con ordenanzas municipales que permitan la circulación de buses eléctricos, por otra parte, el SRI no ha incluido hasta el momento en su base de datos la nacionalización de dichas unidades de transporte, estos son los impedimentos más relevantes en la inclusión de nueva tecnología para el sistema de transporte público. (Corredor Central Norte, 2022)

Es de conocimiento público que en la actualidad dentro de nuestra ciudad no existe flotas de buses eléctricos, ni prototipos de prueba, esto complica tener datos actualizados, existen propuestas y estudios para la integración de flotas de buses de motores eléctricos en diferentes compañías del transporte urbano, todo documentado, pero nada concreto, la única información existente es sobre un bus articulado eléctrico que estuvo brindando servicio en el sistema del Corredor Central Norte. Esta unidad de transporte fue proporcionada por la empresa BYD como prototipo, y alrededor de tres meses duró el periodo de prueba, estos datos serán los que nos permitan desarrollar el trabajo de disertación y así comparar los costos adquisitivos y operativos de los buses articulados eléctricos y de los buses articulados a diésel.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En el presente trabajo de disertación, se realizará una comparativa de los costos de adquisición, costos de operación y costos de mantenimiento entre buses articulados a diésel y buses articulados eléctricos, destinados a transporte público. Esta comparación, se ejecutará mediante un análisis desde el punto de vista técnico y financiero, se conocerá las ventajas, desventajas y limitaciones de ambos sistemas de transporte. Para realizar este análisis es necesario tomar en cuenta que todos los parámetros deben ajustarse al período de vida útil de los dos tipos de unidades, además de las amortizaciones y depreciaciones de estas.

En base a lo expuesto, el propósito principal de esta disertación es proporcionar información acertada de los costos de inversión vs beneficio de estos dos tipos de unidades, compararlos, y de esta forma las empresas que se dedican al transporte público puedan guiarse a implementar flotas de transporte eléctrico o mantener el sistema convencional.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

La disertación tiene como objetivo, comparar los costos de adquisición, los costos de operación y los costos de mantenimiento entre los buses articulados a diésel y los buses articulados eléctricos en el sistema de transporte público del DMQ.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Desarrollar una base de datos con la información proporcionada; por el Corredor Central Norte y la empresa BYD de ambas unidades, bus a diésel y bus eléctrico respectivamente.

- Analizar factores influyentes en la operación de los buses articulados del Corredor Central Norte como: características de las rutas o circuitos, capacidad de usuarios, kilómetros de recorrido, horarios de circulación, número de paradas por circuitos, tiempos de recorrido por circuito, etc.

- Analizar la situación actual de los costos de adquisición, costos de operación y costos de mantenimiento de los buses articulados a diésel.

- Analizar los posibles costos de adquisición, costos de operación y costos de mantenimiento de los buses articulados eléctricos.

- Considerar la infraestructura necesaria que requerirá incluirse en el Corredor Central Norte en caso de adquirir una flota de buses articulados eléctricos y sus respectivos costos, como; electrolinerías, transformador, matriculas, exoneraciones, permisos ambientales, personal capacitado, nuevas tarifas, más espacio para garaje o patios de maniobras, talleres mecánicos especializados, etc.

- Realizar un análisis comparativo entre los costos de adquisición, operación y mantenimiento, de los buses articulados a diésel y de los buses articulados eléctricos.

- Determinar si los costos analizados reflejan una posible inclusión de buses eléctricos o conviene mantener los buses a diésel.

1.5 ALCANCE

El presente trabajo de disertación se desarrollará dentro del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) en la zona urbana, realizando un análisis comparativo de los costos de adquisición, costos de operación y costos de mantenimiento entre buses articulados a diésel y buses articulados eléctricos, tomando como caso de estudio a la empresa del Corredor Central Norte donde se ejecutó un periodo de prueba con un bus articulado eléctrico proporcionado por la empresa BYD, dicho periodo de prueba se realizó desde el 11 de diciembre de 2017 hasta el 24 de marzo de 2018, aproximadamente 3 meses.

1.6 HIPÓTESIS

La hipótesis que se plantea en el presente plan de disertación, es realizar un análisis comparativo de los costos en adquisición, costos de operación y costos de mantenimiento entre buses articulados a diésel y buses articulados eléctricos para definir cuál es el sistema más conveniente bajo las condiciones económicas y sociales actuales en la ciudad de Quito.

2 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

El ser humano muy independiente del lugar en donde se encuentre por facilidad en sus desplazamientos ha necesitado un medio de transporte para trasladarse de un punto hacia otro, con el fin de realizar varias actividades.

Entonces, ¿qué es el transporte? De acuerdo con el diccionario web de la (Real Academia Española, 2021), es “un sistema de medios para conducir personas y cosas de un lugar a otro”. Los medios pueden ser aéreos, marítimos, terrestres, entre otros. En el presente trabajo de titulación nos centraremos en el transporte terrestre.

2.1 Transporte terrestre.

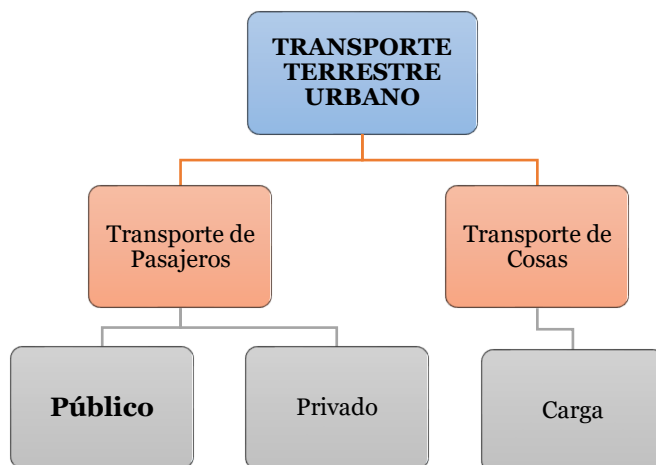
Según la (Real Academia Española, 2019) el transporte más antiguo existente es el terrestre, y por lo cual es el más usado. Tiene varias clasificaciones.

2.1.1 Clasificación del Transporte Terrestre

La clasificación del transporte terrestre según Valero (1970) comienza por separar el transporte de personas y transporte de cosas. En el Gráfico 1 se realiza una breve clasificación del transporte terrestre urbano objeto de este estudio.

Figura 1

Clasificación del Transporte Terrestre Urbano



Nota: El gráfico representa la Clasificación del Transporte Terrestre Urbano. Realizado por *Alexandra Santos*. Fuente: Valero (1970).

2.1.2 Transporte Público Terrestre (Urbano).

El transporte terrestre urbano presenta una problemática muy compleja para el desarrollo de las ciudades. Tal es el caso de Quito, la capital del Ecuador, como se resume a continuación:

En Quito, los habitantes cada vez viven más lejos de sus destinos finales, la mayoría de estos se encuentran en la zona central de la ciudad a la cual acuden a pesar de tener una red vial congestionada (Instituto Metropolitano de Planificación Urbana, 2018).

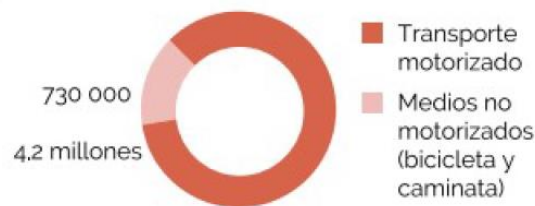
Los quiteños utilizan varios tipos de transporte para movilizarse y, de acuerdo al (Informe sobre Movilidad Quito como Vamos, 2020), en Quito se hacen un poco más de 5 millones de viajes al día, antes de la emergencia sanitaria que tuvimos debido al COVID 19

los quiteños hacían un promedio de 30 000 viajes diarios en bicicleta, ahora se registran 196 000 aproximadamente. (Quito como vamos, 2020)

En la Figuras 2 y 3 se muestra las proporciones en porcentaje del tipo de movilización que se utilizan en Quito.

Figura 2.

Viajes en transporte motorizado y no motorizado



Nota: El gráfico representa los viajes en transporte motorizado y no motorizado. Tomado de *Actualización del modelo de Demanda del DMQ, 2017*

Figura 3

Tipo de transporte que utilizan las personas para viajar.



Nota: El gráfico representa el tipo de transporte que utilizan las personas para viajar. Tomado de *Actualización del modelo de Demanda del DMQ, 2017*

En 2017, el total de viajes diarios en Quito fue 4'284.813 de manera motorizada, en los que 2'677.223 se utilizó el transporte público, sin contar transporte comercial e informal (Instituto metropolitano de planificación urbana , 2019)

La mitad de los viajes realizados por el transporte público fueron cubiertos por el Sistema Integrado de Transporte (SIT) Metrobus-Q, compuesto por Buses de Tránsito Rápido (BRT) y su otra mitad por los buses convencionales e interparroquiales. (Instituto metropolitano de planificación urbana , 2019)

2.1.3 Sistemas Bus de Tránsito Rápido (BRT)

Según la CEPAL (2012), el Bus de tránsito Rápido (BRT por sus siglas en inglés) es un modo de transporte automotor que utiliza buses, articulados o biarticulados que operan en carriles con derecho de paso exclusivo, con el objetivo de aumentar la velocidad para trasladar a los usuarios, mejorar la confiabilidad de los tiempos de operación y el confort del pasajero.

El Instituto de Política de Transporte y Desarrollo (ITDP) (2019) menciona que el sistema BRT es un sistema de transporte de alta calidad basado en autobuses que ofrece servicios rápidos, cómodos y rentables a capacidades de nivel de metro. El ITDP creó los estándares de bus de tránsito rápido, BRT Standard, en el 2012 con varias sedes, tres de ellas en el continente americano: Brasil, México y Estados Unidos. El BRT Standard fue creado para tener una definición común de BRT y para reconocer los corredores de alta calidad en todo el mundo, además de funcionar como una herramienta para guiar el adecuado desarrollo de estos sistemas (Instituto de Política de Transporte y Desarrollo, 2018).

Para considerar un corredor como sistema BRT se debe considerar inicialmente las siguientes condiciones (Instituto de Política de Transporte y Desarrollo, 2018):

- Dedicado derecho de paso.
- Alineación de la vía al autobús.
- Recogida de tarifas.
- Un tratamiento de intersecciones.
- Embarque a nivel de plataforma.

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2012) señala que el sistema BRT es, por sus características, un modo operativo que puede tomar formas distintas. Esto favorece la posibilidad de construir cada sistema a la medida, con el aprovechamiento de la infraestructura y los vehículos existentes y las situaciones geográficas que tiene la ciudad donde se quiere implementar el sistema.

2.1.4 Descripción de los sistemas; Bus de Transporte Rápido (BRT) en Quito

En la ciudad de Quito el SIT está compuesto por 5 corredores BRT urbanos que constan de buses articulados y biarticulados. Estos corredores se estructuran a base de líneas o ejes troncales en sentido norte- sur, sur- norte (Instituto Metropolitano de Planificación Urbana, 2018).

En Quito existen cinco sistemas BRT, cada uno cubriendo una respectiva troncal, Ecovía, Trolebús y Troncal Occidental Quito, cada uno con una estación principal al norte y otra al sur. Nos centraremos en estudiar al sistema del Corredor Central Norte, que pertenece al grupo de; Troncal Occidental Quito. (Instituto Metropolitano de Planificación Urbana, 2018).

2.1.5 Sistema de Transporte del Corredor Central Norte

El Corredor Central Norte, planificado e inaugurado durante el año 2005, en la alcaldía de Paco Moncayo. Recorre la ciudad en un sentido longitudinal a través de las avenidas Diego de Vásquez, De la Prensa y América; se conecta desde el extremo norte en la Estación La Ofelia hasta la estación Playón de la Marín, en el centro histórico. Sus buses son articulados en su totalidad de combustión interna. A pesar de haber sido construido por la municipalidad, éste es el único corredor de la ciudad que es actualmente operado por empresas de transporte privado, es una razón por la cual la infraestructura no se encuentra en condiciones óptimas y su servicio es el más cuestionado por los usuarios, en el año 2011 se tuvieron que reconstruir casi la totalidad de sus paradas puesto que se encontraban inutilizables. (Empresa Pública Metropolitana de Transporte de Pasajeros, 2017).

Figura 4

Sistema BRT Corredor Central Norte.



Nota: El gráfico representa el Sistema BRT Corredor Central Norte. Tomado de Empresa Pública Metropolitana de Transporte de Pasajeros, 2017

2.2 MARCO CONCEPTUAL

Análisis comparativo: Un análisis comparativo consiste en examinar dos o más procesos, asimismo productos, alternativas, datos, calificaciones, sistemas y cualquier otro aspecto susceptible de confrontar para poder analizar y tomar decisiones según los resultados que se obtengan.

Transporte Público: El transporte público es un sistema integral de medios de transporte de uso generalizado, capaz de dar solución a las necesidades de desplazamientos de las personas.

Buses de combustión interna: El motor de combustión interna es un tipo de motor que obtiene la energía mecánica a partir de la energía química con la que cuentan los combustibles. El proceso de combustión en este tipo de motores se produce en el interior de los propios cilindros.

Buses eléctricos: Un autobús eléctrico es un autobús que funciona con electricidad. Los autobuses eléctricos pueden almacenar la electricidad a bordo o pueden alimentarse continuamente desde una fuente externa.

Ingeniería de Costos: La ingeniería de costos utiliza elementos y procesos para solventar problemas de apreciación de costos, planeación de servicios, control de costos y servicios de administración.

Factibilidad: Un estudio de factibilidad es el que se hace para determinar la posibilidad de poder desarrollar un negocio o un proyecto que espera implementar.

Adquisición: La adquisición es el acto de obtener algún producto o servicio mediante una transacción. Esto exige que el demandante realice una orden de compra y que el pago sea aceptado por el ofertante.

Operación: Ejecución de una acción.

Mantenimiento: Conservación de una cosa en buen estado o en una situación determinada para evitar su degradación.

3 CAPITULO III: FACTORES DE OPERACIÓN EN BUSES ARTICULADOS DEL CORREDOR CENTRAL NORTE

3.1 CONCEPTOS PREVIOS

3.1.1 BUSES ARTICULADOS

Como ya conocemos, el transporte en el Corredor Central Norte es realizado por el sistema BRT es decir buses articulados, por esta razón a continuación vamos a dar una breve explicación de éstos;

Un autobús articulado es un autobús de dos o más tramos modulares, y si tiene dos tramos, suele estar equipado con dos ejes en la parte delantera y un tercer eje en la parte trasera (remolque). Un autobús articulado de dos secciones suele tener unos 18 metros de largo, en comparación con los 10 a 12 metros de un monocasco típico. Debido a su parecido con el insecto antes mencionado, es posible que se le haya dado el nombre común de: "bus oruga".

La capacidad varía según el modelo de autobús elegido, normalmente entre ochenta y ciento sesenta pasajeros, según el tipo de carrocería, la capacidad del chasis portante, el número de asientos incluidos en la estructura de la carrocería y la longitud del autobús.

El corredor Central Norte cuenta con un total de 60 unidades de buses articulados que operan cada día para brindar servicio a los usuarios.

3.2 Características de las rutas.

La Gerente de Operaciones del Corredor Central Norte, Julia Mena, las vías de uso exclusivo para los buses articulados del Corredor Central Norte son del tipo; Pavimento de Concreto – Asfalto (Gráfico 5), que por su tránsito exclusivo no posee tantos baches ni se presentan reparaciones emergentes con tanta frecuencia, las pendientes varían entre el 7 y 18 % como mínima y máxima respectivamente.

Figura 5

Tipo de pavimento en carriles exclusivos del Corredor Central Norte



Nota: El gráfico representa el tipo de pavimento en carriles exclusivos del Corredor Central Norte. Tomado por *Alexandra Santos*

Las pendientes que están a lo largo de las rutas se encuentran mayormente pronunciadas a la altura del sector de la Mañoca y en La Marín que se extiende hasta el sector de Santa Prisca en donde se ubica la parada del Concejo Provincial, según la norma MOP 2003 establece que los anchos del carril de las vías exclusivas tienen 3,65m, cada uno. En las paradas las vías amplían su espacio, cuentan con un total de tres carriles donde se permite rebasar (gráfico 6), por el contrario, el resto de los tramos cuentan con parterre central (gráfico 7).

Figura 6

Tres carriles en paradas del Corredor Central Norte



Nota: El gráfico representa los tres carriles en paradas del Corredor Central Norte. Tomado por *Alexandra Santos*

Figura 7

Parterre central en varios tramos del Corredor Central Norte



Nota: El gráfico representa el parterre central en varios tramos del Corredor Central Norte.

Tomado por *Alexandra Santos*

3.3 Terminales

Existen dos tipos de rutas que cubre el Corredor Central Norte, llamados Circuitos; C1 y C2, éstos se detallan a continuación:

Tabla 1

Detalle de las paradas correspondiente al Circuito "C1 y C2", del CCN

CIRCUITO "C1"			CIRCUITO "C2"		
N°	PARADAS	SENTIDO	N°	PARADAS	SENTIDO
1	Terminal Ofelia		1	Terminal Ofelia	
2	La Delicia		2	La Delicia	
3	Cotocollao	N	3	Cotocollao	
4	Del Maestro	O	4	Del Maestro	
5	Vaca de Castro	R	5	Vaca de Castro	N
6	Base Aérea	T	6	Base Aérea	O
7	La Florida	E	7	La Florida	R
8	Aeropuerto		8	Aeropuerto	T
9	La Concepción	-	9	La Concepción	E
10	Edmundo Carvajal		10	Edmundo Carvajal	
11	La Y	S	11	La Y	-
12	Brasil	U	12	Brasil	
13	Mañosca	R	13	Mañosca	S
14	San Gabriel		14	San Gabriel	U
15	Seminario Mayor		15	Seminario Mayor	R
16	Hospital del IESS		16	Playón de la Marín	
17	Seminario Mayor		17	Marín Central	
18	San Gabriel		18	Santa Prisca	
19	Mañosca	S	19	Escuela Espejo	
20	Brasil	U	20	Hospital del IESS	
21	La Y	R	21	Seminario Mayor	S
22	Edmundo Carvajal		22	San Gabriel	U
23	La Concepción	-	23	Mañosca	R
24	Aeropuerto		24	Brasil	
25	La Florida	N	25	La Y	-
26	Base Aérea	O	26	Edmundo Carvajal	
27	Vaca de Castro	R	27	La Concepción	N
28	Del Maestro	T	28	Aeropuerto	O
29	Cotocollao	E	29	La Florida	R
30	La Delicia		30	Base Aérea	T
31	Terminal Ofelia		31	Vaca de Castro	E
			32	Del Maestro	
			33	Cotocollao	
			34	La Delicia	
			35	Terminal Ofelia	
			36		
			37		
			38		
			39		

Nota: La tabla representa el detalle de las paradas correspondiente al Circuito "C1 y C2", del CCN. Tomado de *Quito informa* , 2022. Realizado por *Alexandra Santos*

Por otro lado, es importante detallar que en cada estación y terminales los ingresos para los usuarios son con abordaje de plataforma alta, las puertas de ingreso son automáticas y cada estación detalla de forma gráfica el mapa o lista de estaciones.

Figura 8

Detalle gráfico de las paradas del CCN



Nota: El gráfico representa el detalle gráfico de las paradas del CCN. Tomado de *El comercio*, 2022

3.4 Demanda de pasajeros

La Ingeniera Julia Mena explica que; depende del modelo de cada articulado y sus capacidades, pero para hacer una estadística más exacta se realizó un estudio con datos diarios durante un año, tomando en cuenta que la demanda tiene un crecimiento promedio anual del 2%.

Tabla 2

Demanda de pasajeros CCN

DEMANDA TRONCAL 2021					
PROMEDIO POR TIPO DE DÍA					
MES	TÍPICO	SABADO	DOMINGO	FERIADO	TOTAL
ENERO	122347,68	74221,28	45246,88	32998,56	2990823,36
FEBRERO	119069,44	77761,60	47013,12	42440,16	2965368,00
MARZO	117024,32	78571,36	46170,88	35328,16	2910111,68
ABRIL	128615,20	74841,76	49334,88	51864,96	3172740,48
MAYO	128450,56	77745,92	46992,96	56957,60	3181881,92
JUNIO	126751,52	80633,28	45681,44	44293,76	3128876,80
JULIO	122848,32	80449,60	46644,64	47388,32	3060120,00
AGOSTO	111637,12	71016,96	47496,96	46401,60	2799601,28
SEPTIEMBRE	115603,04	75731,04	48664,00	41911,52	2893464,00
OCTUBRE	125670,72	72461,76	47110,56	61192,32	3114088,32
NOVIEMBRE	126993,44	79804,48	48217,12	44302,72	3140560,64
DICIEMBRE	115631,04	74564,00	51316,16	42344,96	2900831,36

PROMEDIO	121720,20	76483,59	47490,80	45618,72
%	100%	62,84%	39,02%	37,48%

DEMANDA PASAJEROS ANUAL 36258467,84

Nota: La tabla representa la demanda de pasajeros CCN. Tomado de *Quito informa*, 2022.

Realizado por *Alexandra Santos*

3.5 Distancias recorridas.

Las paradas son notablemente seguidas debido a la demanda de gente y a los diferentes destinos que requiere cada usuario, así tenemos detallado a continuación cada circuito.

Tabla 3

Detalle de las Distancias que recorre cada articulado en el Circuito "C1".

CIRCUITO "C1"				
N°	Nombre de la Parada	Distancia entre cada parada (km)	Distancia Acumulada (km)	Distancia con la Última parada (km)
1	Terminal Ofelia		0,00	0,00
2	La Delicia	0,90	0,90	22,30
3	Cotocollao	0,50	1,40	21,80
4	Del Maestro	0,50	1,90	21,30
5	Vaca de Castro	0,80	2,70	20,50
6	Base Aérea	0,60	3,30	19,90
7	La Florida	0,50	3,80	19,40
8	Aeropuerto	1,00	4,80	18,40
9	La Concepción	0,50	5,30	17,90
10	Edmundo Carvajal	0,50	5,80	17,40
11	La Y	0,60	6,40	16,80
12	Brasil	0,90	7,30	15,90
13	Mañosca	1,10	8,40	14,80
14	San Gabriel	0,60	9,00	14,20
15	Seminario Mayor	1,50	10,50	12,70
16	Hospital del IESS	1,50	12,00	11,20
17	Seminario Mayor	0,90	12,90	10,30
18	San Gabriel	1,60	14,50	8,70
19	Mañosca	0,40	14,90	8,30
20	Brasil	1,20	16,10	7,10
21	La Y	0,80	16,90	6,30
22	Edmundo Carvajal	0,50	17,40	5,80
23	La Concepción	0,70	18,10	5,10
24	Aeropuerto	0,60	18,70	4,50
25	La Florida	0,70	19,40	3,80
26	Base Aérea	0,80	20,20	3,00
27	Vaca de Castro	0,60	20,80	2,40
28	Del Maestro	0,60	21,40	1,80
29	Cotocollao	0,60	22,00	1,20
30	La Delicia	0,50	22,50	0,70
31	Terminal Ofelia	0,70	23,20	0,00

Nota: La tabla representa el detalle de las Distancias que recorre cada articulado en el Circuito "C1". Tomado de *Quito informa* , 2022. Realizado por *Alexandra Santos*.

Tabla 4

Detalle de las Distancias que recorre cada articulado en el Circuito "C2".

CIRCUITO "C2"				
N°	Nombre de la Parada	Distancia entre cada parada (km)	Distancia Acumulada (km)	Distancia con la Ultima parada (km)
1	Terminal Ofelia		0,00	0,00
2	La Delicia	0,90	0,90	27,90
3	Cotocollao	0,50	1,40	27,40
4	Del Maestro	0,50	1,90	26,90
5	Vaca de Castro	0,80	2,70	26,10
6	Base Aérea	0,60	3,30	25,50
7	La Florida	0,50	3,80	25,00
8	Aeropuerto	1,00	4,80	24,00
9	La Concepción	0,50	5,30	23,50
10	Edmundo Carvajal	0,50	5,80	23,00
11	La Y	0,60	6,40	22,40
12	Brasil	0,90	7,30	21,50
13	Mañosca	1,10	8,40	20,40
14	San Gabriel	0,60	9,00	19,80
15	Seminario Mayor	1,50	10,50	18,30
16	Pérez Guerrero	0,90	11,40	17,40
17	Escuela Espejo	0,60	12,00	16,80
18	Concejo Provincial	0,50	12,50	16,30
19	Marín Central	1,20	13,70	15,10
20	Playón de la Marín	0,70	14,40	14,40
21	Marín Central	0,70	15,10	13,70
22	Santa Prisca	1,30	16,40	12,40
23	Escuela Espejo	0,70	17,10	11,70
24	Hospital del IESS	0,50	17,60	11,20
25	Seminario Mayor	0,90	18,50	10,30
26	San Gabriel	1,60	20,10	8,70
27	Mañosca	0,40	20,50	8,30
28	Brasil	1,20	21,70	7,10
29	La Y	0,80	22,50	6,30
30	Edmundo Carvajal	0,50	23,00	5,80
31	La Concepción	0,70	23,70	5,10
32	Aeropuerto	0,60	24,30	4,50
33	La Florida	0,70	25,00	3,80
34	Base Aérea	0,80	25,80	3,00
35	Vaca de Castro	0,60	26,40	2,40
36	Del Maestro	0,60	27,00	1,80
37	Cotocollao	0,60	27,60	1,20
38	La Delicia	0,50	28,10	0,70
39	Terminal Ofelia	0,70	28,80	0,00

Nota: La tabla representa el detalle de las Distancias que recorre cada articulado en el Circuito "C2". Tomado de *Quito informa* , 2022. Realizado por *Alexandra Santos*.

Se analiza también la oferta de kilómetros anual en la línea troncal.

Tabla 5

Kilómetros recorridos promedio anual.

N°	CIRCUITO	TIPO	KM	FLOTA	VIAJES/DIA	KM/DIA/FLOTA	KM/DIA/BUS
1	C1	TRONCAL	23,2	15	141	3271,2	218,08
2	C2	TRONCAL	28,8	45	320	9216	204,8

TOTAL KM - DIA TIPICO	12487,2
DIAS EQUIVALENTES	315,5
TOTAL KM - AÑO:	3939711,6

Nota: La tabla representa los kilómetros recorridos promedio anual. Tomado de *Quito informa*, 2022. Realizado por *Alexandra Santos*

4 CAPÍTULO IV: BUSES ARTICULADOS A DIÉSEL

4.1 ANÁLISIS DE LOS COSTOS; FIJOS Y VARIABLES DEL BUS ARTICULADO.

El servicio es prestado por el Consorcio Corredor Central Norte, un consorcio de cuatro empresas. El 26 de diciembre de 2019, el gobierno de la ciudad lo invitó a renovar la franquicia por otros 10 años.

El presidente del Corredor Central Norte, Ney Jiménez, los 60 objetos que lo componen han llegado al final de su vida debido al uso intensivo. Dijo que técnicamente se suponía que tenían 10 años y ahora tienen 14 años en uso. Afirmó que se vieron "obligados" a renovar el contrato, pero no a reemplazarlo con autobuses eléctricos. Sus propuestas incluyen una tarifa de 40 centavos y la construcción de

una nueva línea entre la estación La Ofelia y la estación intermodal de El Labrador para hacer circular el metro.

A pesar del mal estado de los buses, se realizaron revisiones técnicas y mantenimiento preventivo antes de la firma del contrato. Las autoridades y los proveedores de servicios están de acuerdo en que no hay riesgo para los pasajeros que viajan en el sistema. (Quito informa , 2022)

4.1.1 COSTOS VARIABLES

Para una cuantificación de costos variables de un bus articulado se deberá realizar en función de los siguientes grupos:

- a) Sistema de combustible
- b) Sistema de aire
- c) Dirección – suspensión de chasis
- d) Sistema de lubricación
- e) Sistema de refrigeración
- f) Sistema eléctrico
- g) Sistema de frenos
- h) Sistema de transmisión
- i) Sistema de diferencial
- j) Sistema de rodadura
- k) Sistema de carrocería
- l) Mantenimiento de carrocería
- m) Mantenimiento programado

- n) Herramientas
- o) Sistema de limpieza

El análisis de costos correspondiente fue un estudio de varios años programado y realizado por personal técnico de la empresa que por motivos de privacidad compartieron conmigo nada más los valores económicos y no el detalle de los mismos, en base a la información compartida se realizara la posterior comparativa de costos.

COSTO VARIABLE POR KILÓMETRO	\$0,89
---------------------------------	--------

4.1.2 COSTOS FIJOS

Para la cuantificación de los costos fijos de operación de la troncal se toma en cuenta los siguientes rubros:

- a) Costo conductor
- b) Costo control y fiscalización operacional
- c) Costo personal de mantenimiento
- d) Costo de seguros
- e) Costo de matriculas

El siguiente cuadro-resumen detalla los rubros ya mencionados.

Figura 9

Cuadro resumen de costos fijos

COSTOS
Operación Articulados
Conductor / Bus - Articulado
Operación Técnicos
Gerente Técnico
Jefe de Operación
Asistencia en Ruta
Despacho – Troncal
Despacho – Alimentador
Operadores Centro de Control
Fiscalizadores
Mantenimiento
Jefe de Mantenimiento
Recepción Técnica
Mantenimiento mecánico (preventivos)
Mantenimiento mecánico (correctivo)
Vulcanización
Responsable de Mecánica
Adquisiciones
Comprador
Operadores de Bodega
Administrativos
Seguros
Matriculas
Depreciación

Nota: El gráfico representa el cuadro resumen de costos fijos. Tomado de *Informe Técnico* CCN.

Tabla 6

Costos fijos de un bus articulado CCN.

TOTAL COSTOS FIJOS ANUALES	\$3.875.885,37
Costo conductores	\$1.729.316,69
Costo seguros	\$432.262,16
Costo matrículas	\$187.584,68
Costo revisión vehicular	\$3.888,00
Costo control y fiscalización operacional	\$426.390,90
Costo mantenimiento (personal)	\$323.790,67
Depreciación	\$772.652,27

Nota: La tabla representa los costos fijos de un bus articulado CCN. Tomado de *Quito informa*, 2022. Realizado por *Alexandra Santos*

4.1.3 COSTOS DE INVERSIÓN

El valor por un bus articulado nuevo es de \$ 324.000 más IVA, mientras que el valor de un bus articulado repotenciado es de \$ 80.000 más IVA. (*Quito informa*, 2022)

4.1.4 COSTOS POR CADA PARADA

Tabla 7

Costos por cada parada

Paradas	Id	NOMBRE	PUNTO DE PARADA	SENTIDO	NÚMERO BAHÍAS	Puntos Control	24 HORAS	Costo/Puesto (incluido IVA)			\$2.500,00	\$1.667,00	\$833,00
								16 horas (06:00-22:00)	8 Horas (22:00-06:00)	24 horas			
1		Terminal Ofelia	Terminal Integración	N o r t e S u r	6	6	4	2		10.000	3.333	0	
	1	La Delicia	parada		1	1		1	0,5	0	1.667	417	
	2	Cotocollao	parada		1	1		1	0,5	0	1.667	417	
	3	Del Maestro	parada		1	1		1	0,5	0	1.667	417	
	4	Vaca de Castro	parada		1	1		1	0,5	0	1.667	417	
	5	Base Aérea	parada		1	1		1	0,5	0	1.667	417	
1		La Florida	Estación		2	2		2	0,5	0	3.333	417	
	6	Aeropuerto	parada		1	1		1	0,5	0	1.667	417	
	7	La Concepción	parada		1	1		1	0,5	0	1.667	417	
	8	Edmundo Carvajal	parada		1	1		1	0,5	0	1.667	417	
1		La Y	Estación		2	2		2	0,5	0	3.333	417	
	9	Brasil	parada		1	1		1	0,5	0	1.667	417	
	10	Mañosca	parada		1	1		1	0,5	0	1.667	417	
	11	San Gabriel	parada		1	1		1	0,5	0	1.667	417	
1		Seminario Mayor	Estación		2	2		2	0,5	0	3.333	417	
	12	Pérez Guerrero	parada		1	1		1	0,5	0	1.667	417	
	13	Escuela Espejo	parada		1	1		1	0,5	0	1.667	417	
	14	Consejo Provincial	parada		1	1		1	0,5	0	1.667	417	
1		Marín Central	Estación		1	1		1	0,5	0	1.667	417	
1		Playón de la Marín 1	Terminal Integración		1	1		1	0,5	0	1.667	417	
		Playón de la Marín 2			1	1		1	0,5	0	1.667	417	
1		Marín Central	Estación		1	1		1	0,5	0	1.667	417	
	15	Santa Prisca	parada		1	1		1	0,5	0	1.667	417	
	16	Escuela Espejo	parada		1	1		1	0,5	0	1.667	417	
	17	Hospital del IESS	parada		1	1		1	0,5	0	1.667	417	
1		Seminario Mayor	Estación		2	2		2	0,5	0	3.333	417	
	18	San Gabriel	parada		1	1		1	0,5	0	1.667	417	
	19	Mañosca	parada		1	1		1	0,5	0	1.667	417	
	20	Brasil	parada	1	1		1	0,5	0	1.667	417		
1		La Y	Estación	2	2		2	0,5	0	3.333	417		
	21	Edmundo Carvajal	parada	1	1		1	0,5	0	1.667	417		
	22	La Concepción	parada	1	1		1	0,5	0	1.667	417		
	23	Aeropuerto	parada	1	1		1	0,5	0	1.667	417		
1		La Florida	Estación	2	2		2	0,5	0	3.333	417		
	24	Base Aérea	parada	1	1		1	0,5	0	1.667	417		
	25	Vaca de Castro	parada	1	1		1	0,5	0	1.667	417		
	26	Del Maestro	parada	1	1		1	0,5	0	1.667	417		
	27	Cotocollao	parada	1	1		1	0,5	0	1.667	417		
	28	La Delicia	parada	1	1		1	0,5	0	1.667	417		
10	28				50	50	4	46	19	10.000	76.667	15.833	

Total: 38

4 puntos de 24 horas	\$10.000
46 puntos de 16 horas	\$76.667
19 puntos de 8 horas	\$15.833
Mes:	\$102.500
Año:	\$1.230.000

Nota: La tabla representa los costos por cada parada. Tomado de *Gerencia CCN*, 2022.

Realizado por *Alexandra Santos*

4.1.5 COSTOS MANTENIMIENTO PARADAS

Tabla 8

Costo mantenimiento paradas

Descripción	Cantidad	Horas/Persona	Mes/Persona	Total/Mes con IVA	Total/Año
Personal + Insumos	18	160	816	\$16.450,56	\$197.406,72
Insumos para baños				60	720
Total:				\$16.510,56	\$198.126,72

Mantenimiento de Paradas

Descripción	Cantidad	Valor Unitario/Mes	Valor/Mes	Valor/Año
Paradas	28	200	\$5.600,00	\$67.200,00
Terminales/Paradas Integración	10	300	\$3.000,00	\$36.000,00
Energía Eléctrica	1	3.700,00	\$3.700,00	\$44.400,00
Agua Potable - Terminal	1	300	\$300,00	\$3.600,00
Total:			\$12.600,00	\$151.200,00

Nota: La tabla representa el costo mantenimiento paradas. Tomado de *Gerencia CCN*, 2022.

Realizado por *Alexandra Santos*

4.1.6 COSTOS RECURSOS HUMANOS

Tabla 9

Costo Recursos Humanos

N°	CARGO	NUMERO DE PERSONAS	SALARIO (USD)	COSTO MENSUAL UNITARIO	COSTO MENSUAL TOTAL	COSTO ANUAL TOTAL
1	Administración	14			\$21.841,50	\$262.098,00
	Alta Dirección				\$5.929,00	
1.1	Gerente General	1	\$3.500,00	\$4.686,50	\$4.686,50	
1.2	Secretaria	1	\$500,00	\$697,10	\$697,10	
1.3	Mensajería	1	\$386,00	\$545,50	\$545,50	
	Administrativo - Financiero				\$7.873,70	
1.4	Coordinador Adm - Financiero	1	\$1.800,00	\$2.425,80	\$2.425,80	
1.5	Secretaria	1	\$500,00	\$697,10	\$697,10	
1.6	Asistente Administrativo/Seguros	1	\$900,00	\$1.229,00	\$1.229,00	
1.7	Contador	1	\$1.600,00	\$2.159,80	\$2.159,80	
1.8	Liquidador de Pago/Seguimiento Recaudo	1	\$1.000,00	\$1.362,00	\$1.362,00	
	Recursos Humanos				\$6.809,80	
1.9	Responsable de RRHH	1	\$1.400,00	\$1.893,90	\$1.893,90	
1.10	Asistente de RRHH	2	\$700,00	\$963,00	\$1.926,10	
1.11	Trabajadora Social	1	\$1.200,00	\$1.627,90	\$1.627,90	
1.12	Técnico de Seguridad Industrial	1	\$1.000,00	\$1.362,00	\$1.362,00	
	Sistemas				\$1.229,00	
1.13	Responsable de Sistemas	1	\$900,00	\$1.229,00	\$1.229,00	
2	Operación	22			\$21.851,50	\$262.217,80
2.1	Gerente Técnico	1	\$3.000,00	\$4.021,60	\$4.021,60	
2.2	Jefe de Operación	3	\$1.000,00	\$1.362,00	\$4.085,90	
2.3	Asistencia en Ruta	3	\$550,00	\$763,60	\$2.290,70	
2.4	Despacho - Troncal	9	\$550,00	\$763,60	\$6.872,00	
2.5	Operadores Centro de Control	3	\$550,00	\$763,60	\$2.290,70	
2.6	Fiscalizadores	3	\$550,00	\$763,60	\$2.290,70	
3	Mantenimiento	20			\$22.319,10	\$267.828,90
3.1	Jefe de Mantenimiento	1	\$2.500,00	\$3.356,70	\$3.356,70	
3.2	Recepción Técnica	3	\$700,00	\$963,00	\$2.889,10	
3.3	Mantenimiento mecánico (preventivos)	3	\$700,00	\$963,00	\$2.889,10	
3.4	Mantenimiento mecánico (correctivo)	6	\$800,00	\$1.096,00	\$6.576,00	
3.5	Vulcanización	2	\$450,00	\$630,60	\$1.261,20	
3.6	Responsable de Mecánica	1	\$2.000,00	\$2.691,80	\$2.691,80	
	Adquisiciones					
3.7	Responsable de adquisiciones	1	\$700,00	\$963,00	\$963,00	
3.8	Operadores de Bodega	3	\$400,00	\$564,10	\$1.692,30	
	Total de Personas:	56				
4	Conductores					\$23.648,70
4.1	Conductor / Bus - Articulado	2,4	\$593,00	\$821,10	\$1.970,70	

Nota: La tabla representa el costo Recursos Humanos. Tomado de *Gerencia CCN* , 2022.

Realizado por *Alexandra Santos*

4.1.7 COSTOS ADMINISTRATIVOS Y OPERATIVOS

Tabla 10

Costos Administrativos y Operativos

1. Servicios Profesionales - Complementarios

No	Descripción	Cant.	V. Unitario	Valor Mes	Valor Anual
1	Auditoría externa	1	\$600,00	\$600,00	
2	Capacitación Recurso Humano	1	\$400,00	\$400,00	
3	Asesoría Legal	1	\$3.000,00	\$3.000,00	
4	Otras Asesorías Técnicas	1	\$800,00	\$800,00	
Total:				\$4.800,00	\$57.600,00

2. Gastos Administrativos y Operativos

No	Descripción	Cant.	V. Unitario	Valor Mes	Valor Anual
1	Administración		\$4.636,80	\$4.636,80	\$55.641,60
1.1	Luz	1	\$200,00	\$200,00	
1.2	Agua	1	\$150,00	\$150,00	
1.3	Teléfono Fijo y Móvil	1	\$290,00	\$290,00	
1.4	Servicio de Internet	1	\$95,00	\$95,00	
1.5	Limpieza de Oficinas Centrales	1	\$551,80	\$551,80	
1.6	Servicio de Guardianía - Oficinas	1	\$1.500,00	\$1.500,00	
1.7	Útiles de Oficina	1	\$550,00	\$550,00	
1.8	Mantenimiento de Oficinas	1	\$300,00	\$300,00	
1.9	Otros Gastos	1	\$1.000,00	\$1.000,00	
2	Operativos		\$673,00	\$6.387,00	\$76.644,00
2.1	Alquiler y Comunicación de Radios Troncal	69	\$23,00	\$1.587,00	
2.2	Servicio de datos y plataforma de SAE - Troncal	60	\$20,00	\$1.200,00	
2.3	Uniformes - Administración + Operación	56	\$15,00	\$840,00	
2.4	Uniformes - Conductores - Articulados	144	\$15,00	\$2.160,00	
2.5	Movilización y Auxilios Mecánicos	1	\$600,00	\$600,00	
Total:					\$132.285,60

Nota: La tabla representa los costos Administrativos y Operativos. Tomado de *Gerencia*

CCN, 2022. Realizado por *Alexandra Santos*

4.1.8 COSTOS DE RECAUDACIÓN

Tabla 11

Costos de recaudación

CARGO	NUMERO PERSONAS	SALARIO (USD)	VALOR POR HORA	HORAS SUPLEMENTARIAS	SUELDO + HORAS	DECIMO TERCER SUELDO	DECIMO CUARTO SUELDO	APORTE IESS PATRONAL	FONDOS DE RESERVA	VACACIONES	COSTO MENSUAL UNITARIO	COSTO MENSUAL TOTAL
			240	1,5		100%	386	12,15%	8,33%	24		
Responsable Recaudo	1	\$2.200,00	9,2	0	0	\$2.200,00	\$183,30	\$32,20	\$267,30	\$183,30	\$91,70	\$2.957,70
Supervisor de Recaudo	3	\$800,00	3,3	0	0	\$800,00	\$66,70	\$32,20	\$97,20	\$66,60	\$33,30	\$1.096,00
Líder de Recaudo (volantes)	9	\$550,00	2,3	0	0	\$550,00	\$45,80	\$32,20	\$66,80	\$45,80	\$22,90	\$763,60
Entrega/Recepción/Conteo Valores	6	\$550,00	2,3	0	0	\$550,00	\$45,80	\$32,20	\$66,80	\$45,80	\$22,90	\$763,60
Recaudadores en Paradas	132	\$386,00	1,6	22	53,1	\$439,10	\$36,60	\$32,20	\$53,30	\$36,60	\$18,30	\$616,00
Total:	151											Total (A): \$99.017,50

Servicios e Insumos	Costo Mensual
Transporte de Personal	\$3.300,00
Transporte de Valores	\$13.620,00
Seguridad Bóveda	\$2.500,00
Boletos + insumo	\$5.954,70
Uniformes	\$1.887,50
Total (B):	\$27.262,20

Descripción	Costo Mensual
Personal de Recaudo	\$99.017,50
Servicios e Insumos	\$27.262,20
TOTAL (A+B):	\$126.279,70
TOTAL - AÑO:	\$1.515.356,70

Nota: La tabla representa los costos de recaudación. Tomado de *Gerencia CCN*, 2022.

Realizado por *Alexandra Santos*

4.1.9 COSTOS COMPLEMENTARIOS

Los gastos complementarios se les clasificó de la siguiente manera:

- a) Seguridad y vigilancia
- b) Limpieza de infraestructura de terminales y paradas del sistema troncal
- c) Mantenimiento y arreglo de terminales y paradas.

Figura 10

Gastos complementarios del CCN

No.	RUBRO	CANTIDAD	VALOR ANUAL
1	Seguridad (un guardia por cada dos paradas, cuatro guardias en Estación Ofelia, dos en Seminario y dos en Marín Valle)	27	777.600
2	Limpieza en paradas y estaciones	48	201.600
3	Mantenimiento de paradas y estaciones	48	92.400
	TOTAL		1.071.600

Nota: El gráfico representa los gastos complementarios del CCN. Tomado de *Gerencia CCN*, 2022.

4.2 VIDA ECONOMICA UTIL

La ingeniera Julia Mena comenta, que la vida útil de los buses articulados estuvo programada para un período de 10 años donde el funcionamiento fue normal y útil, mientras que con el vencimiento del periodo los buses articulados si han tenido una depreciación bastante notoria, al punto de no rentabilizar una compra-venta de los mismos, sino que se convertirán en chatarra posterior a su uso durante la vida útil de los mismos.

4.3 VENTAJAS DE UN MOTOR A DIÉSEL

- Confiabilidad operativa
- El bajo consumo por caballo de fuerza hora significa una mayor autonomía para los autobuses que utilizan estos motores.
- Riesgo de incendio reducido en comparación con los motores de gasolina
- Operación simple y rápida
- Combustible fácil de almacenar.

4.4 DESVENTAJAS DE UN MOTOR A DIÉSEL

Las desventajas originales de estos motores (principalmente precio, costes de mantenimiento y rendimiento) se han reducido gracias a mejoras como la inyección electrónica y la turbo alimentación. Sin embargo, al adoptar pre cámaras para motores de automóviles, que consiguen un rendimiento similar al de los motores de gasolina, pero con el inconveniente de un mayor consumo, prácticamente se pierden las principales ventajas de estos motores. (Gerencia CCN , 2022)

Entre los motores de combustión interna, son los de mayor impacto en el medio ambiente debido a sus altas emisiones de CO₂.

El secretario de Transporte, Alfredo León, señaló que los buses tienen una vida útil de 20 años, pero "no recibieron el mantenimiento adecuado" y que la empresa no ha propuesto reparaciones, solo renovaciones.

5 CAPÍTULO V: BUSES ARTICULADOS ELÉCTRICOS

5.1 REFERENCIAS ACERCA DE USOS, FUNCIONES Y BENEFICIOS

Ciudades de todo el mundo se enfrentan a diario a problemas relacionados con la contaminación ambiental y la mala calidad del aire que respiran sus habitantes debido a las emisiones de gases de efecto invernadero del transporte urbano, los autobuses y los vehículos. Esto se puede ver en el deseo del ciudadano medio de tener un automóvil personal.

Sin embargo, la política de desarrollo urbano sustentable ha llevado a la industria a desarrollar nuevas tecnologías y nuevos conceptos de movilidad que pueden ayudar a paliar estos problemas ambientales, uno de los cuales son los buses 100% eléctricos (E-buses), estos pueden reducir significativamente la contaminación del aire. nivel, reducir exponencialmente las emisiones de gases de efecto invernadero y prevenir la contaminación acústica provocada por el transporte público. Los autobuses 100% eléctricos pueden integrarse completamente en un sistema de transporte respetuoso con el medio ambiente, que también es tendencia en muchas ciudades del mundo.

Este tipo de autobuses funcionan con energía de baterías o sistemas de carga continua y son 100% libres de emisiones en términos de dióxido de carbono, uno de los gases de efecto invernadero más comunes en la contaminación del aire urbano. Sin embargo, la viabilidad económica es un problema y debe ir acompañada de una ingeniería de costes

suficiente para que sea viable, así como de especificaciones de carga y mantenimiento adecuadas.¹

Evaluar y determinar las rutas ideales de buses electrificados requiere un análisis cuidadoso de costo-beneficio, así como parámetros técnico económicos, ya que el proceso mencionado anteriormente generalmente se lleva a cabo gradualmente en los países electrificados.

5.1.1 E-BUSES ALREDEDOR DEL MUNDO.

Sistema de transporte público de Berlín (Streckengebundene Nahverkehrssysteme Berlin).

El sistema de transporte urbano de Berlín, operado por BVG, cuenta con más de 3.000 vehículos y un conteo anual de pasajeros de alrededor de 977 millones, mientras que Quito cuenta con 3.333 buses y el flujo anual de pasajeros de Quito, según la Secretaría de Movilidad del DMQ. El DMQ tiene un estimado de 1.189 millones (Secretaría de Movilidad del Distrito Metropolitano de Quito, 2018), lo que demuestra que el DMQ tiene un flujo de pasajeros mayor que la capital alemana, Berlín, pero es de un tamaño similar.

En septiembre de 2018, Berlín ya contaba con cuatro autobuses eléctricos de 12 metros de largo con sistema de carga de batería inductivo. Hay tres estaciones de carga, dos en la fuente y una en el almacén. El tiempo de carga frontal es de 4 a 7 minutos.

Además, también cuenta con un sistema de recuperación de energía de frenado, es decir, cuando el vehículo frena, parte de su energía cinética se convierte en energía

¹ PIHLATIE, M., SAMU, K., TEEMU, H., KARVONEN, V., & NYLUND, N.-O., (2014). Fully electric city buses, The viable option. *IEEE International Electric Vehicle Conference* (pág. 9). Florence: VTT.

eléctrica y se almacena para su uso posterior. La ruta piloto del E-bus de Berlín por el centro de la ciudad tiene una longitud de 6,2 kilómetros y un tiempo de conducción estimado de 23 a 29 minutos a una velocidad media de 13 kilómetros por hora. La velocidad promedio de los trolebuses de Quito es de 18 km/h (Empresa pública metropolitana de transporte de pasajeros, 2017) Como se trata de un proyecto piloto, la frecuencia actual es cada 20 minutos. Opera de 6:00 am a 8:00 pm los días de semana y de 9:00 am a 6:00 pm los sábados.

El parque de buses actualmente incluye 4 unidades 100% eléctricas y está conectado con otras líneas de buses, metro, trenes urbanos, trenes regionales, trenes internacionales de alta velocidad. El sistema comenzó a transportar pasajeros en agosto de 2015, y se espera que la flota aumente gradualmente en los próximos años hasta alcanzar el objetivo de convertir a Berlín en una ciudad neutra en carbono para 2050.

5.1.2 E-BUSES Y LA ELECTRO MOVILIDAD EN LATINOAMÉRICA.

La electrificación del transporte en Latinoamérica significa 1,4 giga toneladas de CO2 ahorradas del aire en las ciudades latinoamericanas. \$ 85 mil millones en ahorros de combustibles fósiles entre 2016 y 2050.²

La movilidad eléctrica es una importante fuente de desarrollo ya que está ligada al ahorro de costos de combustible en los sistemas de transporte urbano. Además, es una fuente de innovación tecnológica, ya que su sistema de tarifas está directamente relacionado con la producción de energía limpia, convirtiéndose así en una fuente de desarrollo tecnológico y

² López, G., & Galarza, S. (2016). *Movilidad Eléctrica: oportunidades para América Latina*. Santiago de Chile: ONU Medio Ambiente.

una fuente de nuevos puestos de trabajo. Según (López & Galarza, 2016), este tipo de desarrollo tecnológico, conocido en EE. UU. como "car-to-network" o "vehicle-to-network" en español, tendrá un crecimiento masivo en países como EE. industria para 2022 alcanzará alrededor de \$ 190,7 millones.

Aunque es bien sabido, las limitaciones del sector eléctrico y las limitaciones económicas de América Latina. y barreras fiscales en algunos países de la región para promover esta tecnología sostenible y amigable con el medio ambiente en las ciudades. Sin embargo, varios países latinoamericanos han implementado políticas fiscales para incentivar el uso de autos eléctricos en sus ciudades para promover políticas urbanas sostenibles.

Si bien esta política es un buen comienzo para la electrificación de la flota de automóviles, se necesita más coordinación y trabajo conjunto entre la política de exención de tarifas del gobierno para vehículos eléctricos, y también es necesario continuar con las acciones, como el gobierno chino a través de incentivos fiscales. y el interés del gobierno central y los gobiernos locales por introducir taxis eléctricos en la flota de autobuses de la ciudad, vehículos recolectores de basura, etc., ha ayudado a crear demanda en el mercado. La continuación de este tipo de medidas podría contribuir a la electrificación de los sistemas de transporte público y privado de la región. No se adoptaron políticas como los subsidios a gran escala, que en realidad son medidas insostenibles en las economías en desarrollo. Obtenga información sobre subsidios a gran escala como Ecuador, un país latinoamericano emergente que gastó el 19,6 % de sus ingresos

fiscales nacionales totales de \$3931 millones en subsidios a los combustibles fósiles en 2014.3 (Fierro, 2014)

5.1.3 E-BUSES EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

La ciudad de Guayaquil cuenta actualmente con la mayor flota de e-buses del Ecuador. El cual cuenta con un total de 20 unidades propias. Estos buses pertenecen a la línea 89 en el estado de Guayaquil. Esta línea cubre el trayecto desde Sauces hasta el centro. El fabricante de estos vehículos eléctricos es la marca china BYD. La inversión en la compra de unidades fue de \$8,4 millones, de éstos \$7,6 millones correspondieron a un préstamo de la Corporación Financiera Nacional (CFN).

En 2017, Trafikselskabet realizó pruebas con autobuses eléctricos. Los usuarios de esta ruta están satisfechos con el servicio principalmente porque las unidades están equipadas con aire acondicionado y, a diferencia de los buses diésel, no hacen ruido al moverse. Las empresas de transporte propietarias de vehículos se benefician de los incentivos y exenciones tributarias que brindan las leyes de eficiencia tributaria de Ecuador.⁴

La promesa de las empresas de transporte privado en estados como Guayaquil se está haciendo realidad, derrotando los esfuerzos del gobierno central por manejar la política de transporte de la ciudad, que exonera algunos impuestos y beneficia a los compradores de vehículos ecológicos como los buses eléctricos.

Fierro, L. A. (2014). *El Ecuador tiene el mayor nivel de subsidio a los combustibles*. Revista Gestión Ecuador.

⁴ González, J. (5 de diciembre de 2018). Primeros buses eléctricos para Guayaquil. *El Comercio*.

5.1.4 PRUEBAS DE E-BUSES EN QUITO

El 19 de julio de 2018, tres buses 100% eléctricos de la marca china BYD iniciaron una prueba de dos meses en la ciudad de Quito. Las pruebas fueron realizadas por la empresa de transporte privado Unitrans Q, y una de las pruebas cubrió la ruta de El Condado a la Asamblea Nacional. Uno de los buses articulados tiene capacidad para 160 pasajeros, mientras que los otros dos buses de 12 metros tienen capacidad para 80 pasajeros.

El equipo cuenta con un centro de control totalmente electrónico, aire acondicionado, un sistema automatizado que limita la velocidad, un sistema de control de puertas que no permite que sean abiertas por el vehículo en movimiento y no hace ruido. Estas rutas son proporcionadas por rutas generales de empresas como Transplaneta, Tranzeta y Translatinos. El objetivo es recorrer las diferentes geografías de la capital. Otro de los objetivos de las empresas de transporte es autocontrolarse y medir el consumo energético y los posibles ahorros en combustible y mantenimiento de equipos.⁵

Cuando las empresas privadas implementan actividades específicas de vehículos eléctricos en cooperación con las autoridades locales y nacionales, contribuyen directamente a la sostenibilidad del transporte urbano, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y la reducción de la contaminación acústica de los sistemas de transporte público. (González, 2018)

⁵ Bravo, D. (19 de julio de 2018). Las pruebas de buses eléctricos comenzarán la próxima semana. *El Comercio*.

5.2 ACERCA DE LA EMPRESA BYD

En el 2017 BYD logra posicionar en el Ecuador el uso de la tecnología para el transporte público, permitiendo captar interés del gobierno nacional y de varios gobiernos locales. Actualmente hay varias ciudades del país desarrollando ordenanzas sobre transporte menos contaminante, más eficiente e innovador; buscando brindar un mejor servicio a sus ciudadanos, pero sobre todo alineando su política local al mandato constitucional que exige el impulso de tecnologías no contaminantes para asegurar el derecho de los ciudadanos de vivir en un ambiente sano.

Una de las ciudades con mayor compromiso ambiental es Quito, demostrado por su incorporación al C40. Impulsados con la decisión del alcalde, el Corredor Central Norte de la ciudad de Quito mostró su interés a realizar pruebas con nuestro bus articulado 100% eléctrico con capacidad para 160 pasajeros. Las evaluaciones técnicas del bus BYD K11A se realizaron del 11 de diciembre del 2017 hasta el 28 de febrero del presente, en los 54 días de operación en condiciones reales, ha recorrido un total 8,490 km y movilizó un aproximado de 126,000 pasajeros.

Para simular la prueba a una operación en condiciones reales, se instaló la infraestructura de carga en la parada La Ofelia, lugar donde se encuentran los patios del Corredor. Para la instalación del cargador y sus componentes, se contó con el soporte, guía y supervisión de la Empresa Eléctrica Quito S.A (EEQ) en cuanto al cumplimiento de los estándares de calidad y seguridad basados en la normativa local. (BYD Co, 2019)

5.3 INFRAESTRUCTURA PARA EL FUNCIONAMIENTO DE BUSES ELÉCTRICOS

5.3.1 Requerimientos para la carga del autobús eléctrico: Infraestructura

Compatibilidad: Los cargadores en el sistema deben ser suficientes para la cantidad de buses eléctricos.

Escalabilidad: la escalabilidad es la capacidad de un sistema para aumentar gradualmente la capacidad operativa y el tamaño de la flota sin comprometer el rendimiento y la calidad del sistema.

Integrarse a la infraestructura de la ciudad: al crear la infraestructura suficiente para cargar los autobuses tanto de noche, en los estacionamientos del sistema como en las rutas de los autobuses, un sistema de carga continuo es esencial para que el sistema funcione correctamente.

Compatibilidad con la red a nivel del sistema: Se requiere suficiente investigación en ingeniería eléctrica para adaptar las necesidades de los buses eléctricos al sistema eléctrico de la ciudad donde se implementará el sistema de tránsito de buses eléctricos.⁶

5.3.2 CONSIDERACIONES DE INFRAESTRUCTURA Y DE INGENIERÍA CIVIL EN EL SISTEMA

Las terminales aptas para buses eléctricos deben estar equipadas con un sistema de carga para operar estas unidades en la noche. O en la terminal principal al final de la ruta,

⁶ PIHLATIE, M., PAAKKINEN, M., & ANTTILA, J., (2017). Electric buses and recharging systems, *International Conference: Electric Mobility and Public Transport* (pág. 25). Santiago de Chile, VTT.


después de cada bucle o giro. O viceversa, en las terminales principal y secundaria en los puntos medios de la ruta, al final y durante cada bucle o giro. Aparte de las consideraciones de carga agregada, el resto de la infraestructura civil será la misma que una estación de autobuses tradicional. Las terminales son parte del sistema y, de acuerdo con lo anterior, deben ser escalables, es decir, deben planificarse de tal manera que la cantidad de buses a cargar en cada sistema de terminales aumente gradualmente. (PIHLATIE, PAAKKINEN, & ANTTILA, 2017).

5.3.3 INFRAESTRUCTURA DE CARGA INSTALADA DURANTE EL PERÍODO DE PRUEBA

Gráfico 11

Descripción del transformador de carga para buses eléctricos en CCN.

Transformador de 300 kVA 22.8 kV / 480 V AC 3 ϕ		
Item	Descripción	Valor
1	Capacidad	300 kVA
2	Voltaje nominal primario	22860 V
3	Voltaje nominal secundario	480 / 277 V
4	Grupo de conexión	YY0
5	Configuración	Radial Modificado
6	Frecuencia	60 Hz
7	Derivaciones (Taps)	+2.5%, 3 X 2.5%
8	BIL	150 kV




Nota: El gráfico representa la descripción del transformador de carga para buses eléctricos en CCN. Tomado de *BYD Co*

Gráfico 12

Electrolinera para buses eléctricos del CCN.

Cargador BYD 200kW		
Ítem	Descripción	Valor
1	Potencia de entrada	≤200 kW
2	Voltaje nominal de entrada	480 VAC 3φ
3	Rango de voltaje de operación	432 – 528 VAC 3φ
4	Corriente de entrada	≤240 A
5	Frecuencia	60 Hz
6	Tipo de conector de carga	IEC62196 (BYD)
7	Tipo de operación	Tarjeta electrónica, pantalla táctil
8	Dimensiones (L x A x H)	400 x 600 x 2000 mm
9	Peso neto	170 kg
10	Longitud de cable de carga	3 m
11	Función de protección	Contra sobre corriente / sobre tensión / corto circuito / sobre calentamiento
12	Estándar de referencia	IEC61851 / IEC62196
13	Nivel de protección	IP54
14	Ruido	≤60 dB
15	Temperatura de operación	-25°C ~ +40°C
16	Humedad del entorno	5 ~ 95% sin condensación



Nota: El gráfico representa la electrolinera para buses eléctricos del CCN. Tomado de *BYD*

Co

5.4 PERIODO DE PRUEBA TÉCNICAS/MECÁNICAS DEL BUS ARTICULADO

BYD K11A

5.4.1 DEFINICIÓN DE LAS RUTAS DE PRUEBA

CCN (Corredor Central Norte) determinó dos circuitos de operación de la unidad por sus características topográficas y operativas, de ahí que se permita la implementación del Bus Articulado BYD modelo K11A 100% Eléctrico en ruta. Con las Rutas de Prueba se aplicó

los lineamientos operativos tal cual la operación real del BRT, y de la mano de los operadores del sistema puedan, en el marco del para nuevas tecnologías y bajo condiciones normales de trabajo, operar el prototipo del bus BYD e identificar los ajustes requeridos en el diseño y cubrir los requerimientos y necesidades de la operación en Quito. (BYD Co, 2019)

5.4.2 CAPACITACIÓN A CONDUCTORES

Se realizaron jornadas de capacitación a los conductores del corredor Patricia Aragón y a Freddy Zambrano. Además de entregar el manual de operación del bus, los técnicos de BYD acompañaron por dos semanas a los conductores dándoles soporte sobre la operación del bus y poder evacuar sus dudas. (BYD Co, 2019)

5.4.3 DESEMPEÑO DEL VEHÍCULO Y PATRONES DE CONDUCCIÓN

Este bus cuenta con un equipo de nuestro aliado estratégico de monitoreo Optimovilidad S.A., que nos permite recopilar información precisa y detallada de la operación y control de hábitos de conducción. Estos equipos y software, nos permite tener acceso a reportes (en tiempo real) de excesos de velocidad, giros, paradas largas, aceleraciones y frenadas bruscas que permiten realizar correctivos en pro de la seguridad del conductor y pasajeros, además de permitir una lectura precisa diaria de los kilómetros recorridos, permitiendo tener datos estadísticos precisos. (BYD Co, 2019)

5.4.4 MEDICIÓN DE RUIDO

Se hicieron tres lecturas en el periodo de prueba con un sonómetro, equipo que nos permitió generar una comparación entre el ruido emitido por el bus eléctrico vs. buses a diésel. Para el análisis de esta prueba, se usó la ordenanza municipal del Distrito

Metropolitano de Quito N° 0123, que determina los niveles máximos permitidos de ruido para vehículos. (BYD Co, 2019)

5.4.5 DEFINICIÓN DE LAS RUTAS DE PRUEBA

La prueba se realizó en la ruta concesionada al CCN, esto quiere decir desde la estación de la Ofelia hasta el Playón de la Marín con una distancia de aproximadamente 30 Km ida y vuelta.

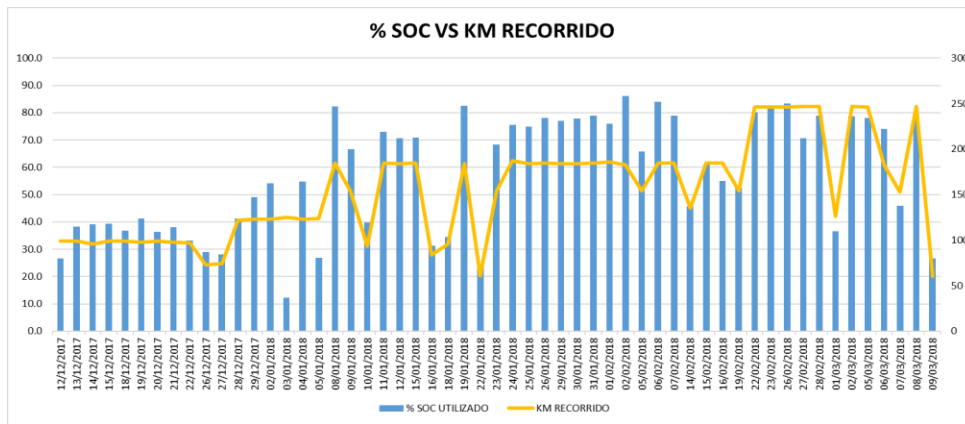
En las pruebas realizadas, en las principales pendientes del circuito el bus presento un comportamiento envidiable sobre una pendiente aproximada mínima de 7% y máxima de 12 % a una velocidad promedio de 25 Km/h. (BYD Co, 2019)

5.4.6 DESEMPEÑO DEL VEHÍCULO Y PATRONES DE CONDUCCIÓN

Las evaluaciones técnicas del bus BYD K11A se realizaron del 11 de diciembre del 2017 hasta el 28 de febrero del presente. Finalizado el proceso de pruebas de 54 días de eficiencia y autonomía del autobús BYD K11A el CCN concluye que es satisfactoria la autonomía del vehículo puesto que recorre aproximadamente 246 km con una carga del pack de baterías del 100%, sin que se descarguen las baterías totalmente quedando un remanente de 18% de carga. (BYD Co, 2019)

Gráfico 13

Km recorrido en el periodo de prueba vs capacidad de batería.



Nota: El gráfico representa el km recorrido en el periodo de prueba vs capacidad de batería.

Tomado de *BYD Co*

Gráfico 14

Datos diarios de autonomía; km recorridos vs capacidad de batería.

FECHA	KM INICIAL	KM FINAL	KM RECORRIDO	SOC (% BAT)	% SOC RESTANTE	% SOC UTILIZADO
12/12/2017	497.80	597.00	99.20	58.70	32.00	26.70
13/12/2017	597.00	696.00	99.00	99.60	61.40	38.20
14/12/2017	702.00	798.00	96.00	59.20	20.06	39.10
15/12/2017	799.00	898.00	99.00	57.30	18.00	39.30
18/12/2017	900.00	999.00	99.00	99.60	62.80	36.80
19/12/2017	999.00	1,097.00	98.00	62.40	21.20	41.30
20/12/2017	1,099.00	1,198.00	99.00	99.80	63.50	36.30
21/12/2017	1,199.00	1,297.00	98.00	63.00	25.00	38.00
22/12/2017	1,299.00	1,396.00	97.00	99.60	66.40	33.20
26/12/2017	1,398.00	1,471.00	73.00	65.60	36.60	29.00
27/12/2017	1,472.00	1,546.00	74.00	36.10	7.90	28.20
28/12/2017	1,548.00	1,670.00	122.00	99.50	58.20	41.30
29/12/2017	1,671.00	1,794.00	123.00	57.80	8.70	49.10
02/01/2018	1,795.00	1,918.00	123.00	99.30	45.20	54.10
03/01/2018	1,918.00	2,043.00	125.00	44.60	32.60	12.30
04/01/2018	2,043.00	2,166.00	123.00	99.40	44.60	54.80
05/01/2018	2,166.00	2,290.00	124.00	44.00	17.20	26.80
08/01/2018	2,291.00	2,476.00	185.00	99.50	17.10	82.40
09/01/2018	2,477.00	2,630.00	153.00	99.70	33.10	66.60
10/01/2018	2,653.00	2,746.00	93.00	99.50	59.80	39.70
11/01/2018	2,747.00	2,932.00	185.00	99.60	26.70	72.90
12/01/2018	2,933.00	3,117.00	184.00	99.70	29.00	70.70
15/01/2018	3,118.00	3,303.00	185.00	99.60	28.80	70.80
16/01/2018	3,304.00	3,388.00	84.00	99.90	68.70	31.20
18/01/2018	3,389.00	3,485.00	96.00	98.00	63.60	34.40
19/01/2018	3,486.00	3,670.00	184.00	99.80	17.20	82.60
22/01/2018	3,673.00	3,734.00	61.00	99.20	75.20	24.00
23/01/2018	3,735.00	3,889.00	154.00	99.80	31.40	68.40
24/01/2018	3,889.00	4,076.00	187.00	99.80	24.30	75.50
25/01/2018	4,077.00	4,261.00	184.00	99.80	25.00	74.80
26/01/2018	4,262.00	4,447.00	185.00	100.00	22.00	78.00
29/01/2018	4,449.00	4,633.00	184.00	100.00	23.00	77.00
30/01/2018	4,634.00	4,818.00	184.00	100.00	22.00	77.90
31/01/2018	4,819.00	5,004.00	185.00	100.00	21.00	79.00
01/02/2018	5,004.00	5,190.00	186.00	100.00	24.10	75.90
02/02/2018	5,190.00	5,373.00	183.00	100.00	13.80	86.20
05/02/2018	5,377.00	5,531.00	154.00	100.00	34.20	65.80
06/02/2018	5,532.00	5,717.00	185.00	100.00	16.10	83.90
07/02/2018	5,717.00	5,902.00	185.00	100.00	21.00	79.00
14/02/2018	5,922.00	6,057.00	135.00	99.40	53.70	45.70
15/02/2018	6,058.00	6,243.00	185.00	99.90	39.00	60.90
16/02/2018	6,244.00	6,429.00	185.00	91.00	35.90	55.10
19/02/2018	6,430.00	6,584.00	154.00	99.60	47.20	52.40
22/02/2018	6,747.00	6,993.00	246.00	99.80	19.50	80.30
23/02/2018	6,994.00	7,240.00	246.00	99.60	16.80	82.90
26/02/2018	7,241.00	7,487.00	246.00	99.70	16.30	83.40
27/02/2018	7,487.00	7,734.00	247.00	99.80	29.10	70.70
28/02/2018	7,734.00	7,981.00	247.00	99.90	20.90	79.00
01/03/2018	7,981.00	8,107.00	126.00	100.00	63.50	36.50
02/03/2018	8,107.00	8,354.00	247.00	99.90	21.10	78.80
05/03/2018	8,355.00	8,601.00	246.00	99.20	21.20	78.00
06/03/2018	8,602.00	8,785.00	183.00	99.40	25.30	74.10
07/03/2018	8,787.00	8,940.00	153.00	99.70	53.80	45.90
08/03/2018	8,941.00	9,188.00	247.00	100.00	21.80	78.20
09/03/2018	9,189.00	9,249.00	60.00	99.90	73.30	26.60
KM RECORRIDOS			8,490.00			

Nota: El gráfico representa los datos diarios de autonomía; km recorridos vs capacidad de batería. Tomado de *BYD Co*

El sistema de regeneración de energía le permite al autobús poseer un rango de suficiencia igual en pérdida de energía y ganancia de esta en determinados puntos del recorrido de prueba, puesto que en la prueba de autonomía el vehículo pierde el 2% de carga, pero la recupera en el mismo porcentaje debido al frenado regenerativo que convierte la energía cinética en eléctrica y la almacena en las baterías. (BYD Co, 2019)

5.4.7 MEDICIÓN DE RUIDO

Es notoria la diferencia en ruido generado entre un bus a combustión (diésel) y un motor eléctrico. Esta diferencia ha sido percibida por los usuarios, indicando una mayor comodidad.

De acuerdo con las mediciones tomadas, el bus eléctrico nunca supero los decibeles permitidos en la ordenanza municipal de Quito N°0123, lo cual podemos verificar a continuación:

Tabla 12

Decibeles emitidos por motor diesel vs eléctrico.

ESTADO DE OPERACIÓN	BUS-ARTICULADO DIESEL	BUS BYD ARTICULADO ELÉCTRICO
EN RALENTI Y ESTACIONADO	94 dB	59 dB
A 2000RPM Y OPERACIÓN	107 dB	83 dB
INTERIOR ARTICULADO	83 dB	53 dB
dB MAXIMOS PERMITIDOS ORDENANZA MUNICIPAL DE QUITO N° 0123	90 dB	

Nota: La tabla representa los decibeles emitidos por motor diesel vs eléctrico. Tomado de

BYD Co

En el cuadro anterior podemos visualizar la diferencia importante en la generación de ruido, siendo el bus eléctrico una herramienta útil para cumplir la ordenanza Municipal, disminuyendo considerablemente la contaminación auditiva. (BYD Co, 2019)

Gráfico 15

Comparación decibeles entre bus eléctrico vs bus a diésel.



Nota: El gráfico representa la comparación decibeles entre bus eléctrico vs bus a diésel.

Tomado de *BYD Co*

5.4.8 IMPACTO ECONÓMICO

Es importante destacar el impacto económico proveniente del ahorro de combustible. El operador privado pudo corroborar la disminución del costo de combustible en un 55%. (Gerencia BYD, 2018)

Tabla 13.

Datos de recorrido / Beneficios económicos

Días de prueba	54.00
# de Pasajeros /día	2,330.00
# de Pasajeros Total	126,000.00
Km. Recorridos	7,605.00
Gl diésel equivalentes	2,003.00
kW consumidos	8,009.00
Toneladas CO ₂ Evitadas	20.00
Costo Gl diésel equivalentes	\$ 2,081.00
Costo consumo energía kW	\$ 1,131.00
AHORRO	\$ 949.81

Nota: La tabla representa los datos de recorrido / Beneficios económicos. Tomado de *BYD Co*

Gráfico 16

Bus articulado eléctrico en operación.



Nota: El gráfico representa un bus articulado eléctrico en operación. Tomado de *BYD Co*

Gráfico 17

Bus articulado eléctrico en operación.



Nota: El gráfico representa un bus articulado eléctrico en operación. Tomado de *BYD Co*

5.5 VENTAJAS DURANTE EL PERIODO DE PRUEBA DEL BUS ARTÍCULADO ELÉCTRICO

En las pruebas realizadas bajo condiciones de operación real se demostró que, el bus eléctrico BYD K11a cumplió con todas las condiciones técnicas y mecánicas necesarias estipuladas por el Corredor Central Norte.

La autonomía de 247 km diario que ofreció el bus demostrado, permite realizar el recorrido habitual con una sola carga; permitiendo mayor optimización y eficiencia en la operación, pero sobre todo un ahorro considerable del 60% en costo de combustible y mantenimiento.

El confort que brindó el bus al conductor como al usuario debido a los bajos niveles de ruido fue notorio, permitiendo un mejor servicio al usuario y tener mejores condiciones laborales.

Finalmente cabe resaltar que las pruebas del bus BYD en la ruta del Corredor Central Norte demostraron que un proyecto de buses eléctricos es técnicamente viable en la ciudad de Quito.

5.6 COSTOS DE OPERACIÓN POR KM DE UN BUS ELÉCTRICO K11A.

Tabla 14.

Costo operación por km, bus K11A.

Kilómetros al Mes por Bus:	5.470			
Costos Fijos	Valor Mes/Flota	USD/km	% Parcial	% Peso Total
	\$4.667.037,57	\$0,72	100,00%	57,55%
Administración	\$326.059,94	\$0,08	6,99%	6,05%
Operación	\$267.435,98	\$0,06	5,73%	4,96%
Mecánica	\$273.158,67	\$0,06	5,85%	5,07%
Conductores	\$1.562.346,62	\$0,36	33,48%	28,98%
Servicios Administrativos y Operativos	\$134.918,08	\$0,03	2,89%	2,50%
Seguro	\$350.438,53	\$0,08	7,51%	6,50%
Matrícula	\$188.528,52	\$0,04	4,04%	3,50%
Recaudación	\$1.564.151,22	\$0,36	33,51%	29,01%
Costos Variables / Bus Eléctrico	Valor Mes/Bus	USD/km	% Parcial	% Peso Total
Total:	\$2.894,42	\$0,53	100,00%	42,45%
Repuestos	\$2.154,56	\$0,39	74,44%	31,60%
Mano de obra (mantenimiento eléctrico)	\$150,00	\$0,03	5,18%	2,20%
Energía	\$589,86	\$0,11	20,38%	8,65%
Total:		\$1,25		
COSTO POR KILÓMETRO	Costo Fijo	Costo Variable	Total	
Costo Operación Bus (US\$)	\$0,72	\$0,53	\$1,25	
Costo Operación Bus (%)	57,55%	42,45%	100,00%	

Nota: La tabla representa el costo operación por km, bus K11A. Tomado de *Gerencia*

Técnica CCN y BYD, s.f. Realizado por Alexandra Santos.

5.7 PLAN DE COSTOS DE MANTENIMIENTO PARA EL BUS K11A

Tabla 15

Plan de costos de mantenimiento de un bus K11A.

BYD-E MOTORS ECUADOR S. A. PLAN DE MANTENIMIENTO K11A									
ITEM	OPERACION DE MANTENIMIENTO/KM X 1000	\$5,00	\$15,00	\$30,00	\$60,00	\$75,00	\$90,00	\$120,00	
1	Tren de Potencia	Verificar o sustituir el aceite del engranaje de eje motor de la rueda y el tapón de drenaje	\$4,00		\$4,00	\$4,00		\$4,00	\$4,00
2		Sustituir el filtro			\$1,00				
3		Sustituir el aceite de motor lubricante			\$1,00				
4	Sistema de frenos	Revise el secador de aire, reemplace el desecante				\$2,00			\$1,00
5	Compresor de aire	Limpiar / reemplazar el elemento filtrante de entrada	\$0,20	\$0,20	\$0,20	\$0,20	\$0,20	\$0,20	\$0,20
6		Consulte el Manual del operador del compresor de aire para ver otros artículos de mantenimiento. En cuanto al compresor de aire con aceite, reemplace el filtro de aceite.							
7	Sistema de dirección	★ Reemplace el líquido de dirección, limpie el depósito, y reemplace el elemento de filtro	\$2,00						\$2,00
8	Sistema de refrigeración	★ Reemplazar el refrigerante							\$2,00
9	Sistema de marcha	Lubricación, Engrasado, pivote, rotulas, cubo y rodamiento	\$4,00	\$4,00	\$4,00	\$4,00	\$4,00	\$4,00	\$4,00
10		Revise los discos de fricción/Pastillas					\$8,00		
11		Intercambio de neumáticos					\$3,00		
12	Batería	★ Reemplace la batería.							\$0,50
13	Revisión de sistema de batería de energía	Póngase en contacto con el personal de servicio de ventas de BYD para la operación							
14	Puerta para pasajeros de valvén interior (corrediza)	Lubricación: Rodamiento en conexión entre bandeja y eje, rodamiento en conexión entre eje y base, manguito de conexión de brazos superior e inferior y panel de puerta, pasador en conexión entre cilindro y balancín, rueda guía y ranura corrediza;			\$3,00	\$3,00		\$3,00	\$3,00
15	Sistema de Limpiaparabrisas	Añadir aceite lubricante en todas las partes en rotación en el mecanismo de limpiaparabrisas.				\$0,20			\$0,20
16		Cambiar la escobilla del limpiaparabrisas				\$0,20			\$0,20
17	Revisión AC	Mantenimiento AC							
18	Inspección general de sistemas	Inspección general según detalle adjunto	\$10,00	\$10,00	\$10,00	\$10,00	\$10,00	\$10,00	\$10,00
	HORAS	TOTAL TIEMPO POR SERVICIO POR KM RECORRIDO	\$20,20	\$14,20	\$23,20	\$23,60	\$25,20	\$21,20	\$27,10
	USD	COSTO TOTAL POR SERVICIO 35USD/HORA HOMBRE	\$707,00	\$497,00	\$812,00	\$826,00	\$882,00	\$742,00	\$948,50
RP	REPUESTOS QUE USAN POR OPERACIÓN	\$5,00	\$15,00	\$30,00	\$60,00	\$75,00	\$90,00	\$120,00	
1	GL-5 SAE 80W/90	\$80,00		\$80,00	\$80,00		\$80,00	\$80,00	
2	Filtro Aceite direccion	\$15,00		\$15,38	\$15,38		\$15,38	\$15,38	
3	Aceite ATF220			\$45,00					
4	Filtro Secador de Aire				\$160,00			\$160,00	
5	Filtro Compresor	\$18,00	\$18,00	\$18,00	\$18,00	\$18,00	\$18,00	\$18,00	
6	ATF Dexron III	\$110,50						\$110,50	
7	Refrigerante de punto de congelación -40°C							\$26,40	
8	Grasa de litio	\$36,00	\$36,00	\$36,00	\$36,00	\$36,00	\$36,00	\$36,00	
9	Discos de Fricción/Pastillas							\$3.500,00	
10	Z95/80R22,5					\$2.500,00			
11	Batería 12 voltios (2)								\$348,00
12	Póngase en contacto con el personal de servicio de ventas de BYD para la operación								
13	Lubricación: Grasa Litio			\$36,00	\$36,00		\$36,00	\$36,00	
14	Aceite lubricante común en el mecanismo de limpiaparabrisas.				\$3,00			\$3,00	
15	Pluma del limpiaparabrisas				\$25,00			\$25,00	
16	Inspección general (suministros varios)	\$15,00	\$15,00	\$15,00	\$15,00	\$15,00	\$15,00	\$15,00	
17	Grasa Blanca		\$7,80	\$7,80	\$7,80	\$7,80	\$7,80	\$7,80	
18	Limpiador de contactos		\$8,38	\$8,38	\$8,38	\$8,38	\$8,38	\$8,38	
USD	TOTAL COSTO REPUESTOS POR MANTENIMIENTO	\$274,50	\$85,18	\$246,18	\$389,18	\$2.585,18	\$201,18	\$4.374,08	\$8.155,48
USD	TOTAL COSTO POR MANO OBRA + REPUESTOS	\$981,50	\$582,18	\$1.058,18	\$1.215,18	\$3.467,18	\$943,18	\$5.322,58	\$13.569,98
	TOTAL COSTO MANTENIMIENTO POR KM RECORRIDO	\$0,11	USD/km						

NOTA:

1. Tiempo de operación y kilometraje recorrido, lo que ocurra primero. Si los proyectos de mantenimiento tienen conflictos en contenido, aplique de acuerdo al principio de mantenimiento de prioridad de cada 12 meses (60000km) > cada 6 meses (30000km) > 3 meses (15000km) > mensual (5000km).

2. Después del mantenimiento de primera vez, aplique el mantenimiento mensual a intervalos de 1 mes o 5000km.

Nota: La tabla representa el plan de costos de mantenimiento de un bus K11A. Tomado de *Gerencia Técnica CCN y BYD, s.f.* Realizado por *Alexandra Santos*.

5.8 COSTOS VARIABLES BUS ARTICULADO ELÉCTRICO

Tabla 16

Costos variables bus eléctrico.

	USD/km	\$0,53		
Repuestos	USD/km	\$0,39		
Lubricación (costo por Km)	USD	0,017		
Consumibles (costo por Km)	USD	0,043		
Sistema de Frenos (costo por Km)	USD	0,021		
Suspensión (costo por Km)	USD	0,061		
Dirección (costo por Km)	USD	0,007		
Compresor de aire (costo por Km)	USD	0,007		
Motor Eléctrico (costo por Km)	USD	0,066		
Carrocería (costo por Km)	USD	0,017		
Eléctrica de Alta (costo por Km)	USD	0,057		
Eléctrica de Baja (costo por Km)	USD	0,012		
Articulación (costo por Km)	USD	0,013		
Neumaticos	USD	0,07		
Mano de obra (mantenimiento eléctrico)	horas	usd/km	\$0,03	
Energía		usd/km	\$0,11	
Numero de días por mes		30		
Número de Buses Eléctricos		20		
Número de cargadores		10		
Hora de inicio de operación		5:00		
Hora fin de operación		22:00		
Tiempo disponible para carga	horas:min	7:00		
Tiempo de carga máxima por cargador-vehículo	horas:min	2:30		
Recorrido diario	km	179,84		
Potencia de cargador	kW	200		
Capacidad Batería	kWh	438		
Recorrido por carga	km	300		
Costo KWh	USD	\$0,04		
	Costo mensual de Energía Eléctrica			
Descripción	Cantidad	Unidad	P. Unitario	P. Total
Demanda (se cobra por cada kW instalado)	2.000	kW	\$2,43	\$4.860,00
Energía utilizada en el mes	157.539,42	kWh	\$0,04	\$6.774,20
Valores a terceros es un porcentaje	1	U	0%	\$ -
Valor de comercialización cada EE	1	U	\$1,41	\$1,41
			Total Mes:	\$11.635,61
			Total Día:	\$387,85
			Total Día/Bus:	\$19,39
			Usd/km	\$0,11

Nota: La tabla representa los costos variables bus eléctrico. Tomado de *Gerencia Técnica CCN* y *BYD*, s.f. Realizado por *Alexandra Santos*.

6 CAPÍTULO VI: METODOLOGÍA DE COMPARACIÓN EN COSTOS DE AMBOS BUSES ARTICULADOS; A DIÉSEL Y ELÉCTRICO

Según las entrevistas realizadas, los tres entrevistados son corresponsables de la operación y mantenimiento del sistema de transporte de CCN, como el gerente corporativo de operaciones de CCN, el presidente corporativo de CCN y el gerente de ventas de autos eléctricos de BYD. El daño a la salud que ocasionan los vehículos de combustible fósil a los usuarios del transporte público de Quito es una realidad en Quito.

Uno de los conductores expresó que el tubo de escape interno del autobús a veces se rompía y entraba gas contaminado a la cabina, como resultado de lo cual los conductores y pasajeros inhalaban partículas contaminantes durante la jornada laboral y durante el trabajo durante mucho tiempo. Esto perjudica directamente su salud, ya que estas partículas pueden ingresar al sistema respiratorio del usuario, provocándole enfermedades respiratorias e incluso cardiovasculares.

Sin embargo, existe un cierto conformismo debido a la falta de ordenanzas municipales lo que impide se considere oportuno el cambio total de flota convencional por una de nuevas tecnologías en el país.

Por otro lado, los buses articulados a diésel, pese a ser un sistema deficiente y antiguo es convencional y funcional para las condiciones actuales socioeconómicas de la Cuidad.

6.1 TABULACIÓN DE DATOS

Todos los datos están basados en el periodo de vida útil de los buses que es; 10 años.

6.1.1 DETALLE DE INVERSIONES.

Tabla 17

Flujo de inversiones buses CCN.

1. Infraestructura		
Detalle	V. Unitario	V. Total
Infraestructura	\$357.887,00	\$357.887,00
Cargadores Eléctricos	\$19.250,00	\$19.250,00

Detalle	Inicial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Infraestructura		\$357.887,00									
Cargadores Eléctricos		\$192.500,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		\$550.387,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2. Buses Articulado			
Detalle	Cantidad	V. Unitario	V. Total
Bus Diésel Actual	1	80.000	80.000
Bus Diésel Nuevo	1	382.838	382.838
Bus Eléctrico	1	660.000	660.000

Valor del Bus Diésel - Actual	Inicial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ajuste de Precio Anual	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Valor por Bus Articulado	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000
% de Inversión	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Valor de Inversión por Bus	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000
# de Buses Nuevos	40										
Total de Inversión	3.200.000										

Valor del Articulado Diésel - Nuevo	Inicial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ajuste de Precio Anual	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Valor por Bus Articulado	382.838	382.838	382.838	382.838	382.838	382.838	382.838	382.838	382.838	382.838	382.838
% de Inversión	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%
Valor de Inversión por Bus	114.852	114.852	114.852	114.852	114.852	114.852	114.852	114.852	114.852	114.852	114.852
# de Buses Nuevos	0										
Total de Inversión	0										

Valor del Bus Eléctrico	Inicial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ajuste de Precio Anual		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Valor del Bus Eléctrico		660.000	660.000	660.000	660.000	660.000	660.000	660.000	660.000	660.000	660.000
% de Inversión		30,00%	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%
Valor de Inversión por Bus		198.000	198.000	198.000	198.000	198.000	198.000	198.000	198.000	198.000	198.000
Cantidad		20									
Total de Inversión Flota		3.960.002									
Total de Inversión		3.960.002									

Nota: La tabla representa el flujo de inversiones buses CCN. Tomado de *Gerencia Técnica*

CCN y BYD, s.f. Realizado por Alexandra Santos.

6.1.2 FLUJO DE DEPRECIACIÓN.

Tabla 18

Depreciaciones.

	% Anual	
1. Infraestructura	9%	

Depreciación	Inicial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Infraestructura		\$49.535,00	\$49.535,00	\$49.535,00	\$49.535,00	\$49.535,00	\$49.535,00	\$49.535,00	\$49.535,00	\$49.535,00	\$49.535,00
2. Flota de Buses Actuales											
3. Flota de Buses Articulado Nuevos											
4. Flota de Buses Eléctricos		\$530.357,00	\$1.119.643,00	\$1.119.643,00	\$1.119.643,00	\$1.119.643,00	\$1.119.643,00	\$1.119.643,00	\$1.119.643,00	\$1.119.643,00	\$1.119.643,00
Total		\$579.892,00	\$1.169.178,00	\$1.169.178,00	\$1.169.178,00	\$1.169.178,00	\$1.169.178,00	\$1.169.178,00	\$1.169.178,00	\$1.169.178,00	\$1.169.178,00

Infraestructura	Inicial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valor del Activo	\$550.387,00										
Depreciación		\$49.535,00	\$49.535,00	\$49.535,00	\$49.535,00	\$49.535,00	\$49.535,00	\$49.535,00	\$49.535,00	\$49.535,00	\$49.535,00

Buses Diésel - Actuales	Inicial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valor del Activo	\$6.265,00	40									
Depreciación											

	% Deprec.	5%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Buses Diésel - Nuevos	Inicial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Buses Nuevos		\$15.382,00	\$32.473,00	\$32.473,00	\$32.473,00	\$32.473,00	\$32.473,00	\$32.473,00	\$32.473,00	\$32.473,00	\$32.473,00
Total:		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	% Deprec.	4,50%	9,50%	9,50%	9,50%	9,50%	9,50%	9,50%	9,50%	9,50%	9,50%
Buses Eléctricos	Inicial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Buses Nuevos		\$26.518,00	\$55.982,00	\$55.982,00	\$55.982,00	\$55.982,00	\$55.982,00	\$55.982,00	\$55.982,00	\$55.982,00	\$55.982,00
20		\$530.357,00	\$1.119.643,00	\$1.119.643,00	\$1.119.643,00	\$1.119.643,00	\$1.119.643,00	\$1.119.643,00	\$1.119.643,00	\$1.119.643,00	\$1.119.643,00
Total:		0	\$530.357,00	\$1.119.643,00	\$1.119.643,00	\$1.119.643,00	\$1.119.643,00	\$1.119.643,00	\$1.119.643,00	\$1.119.643,00	\$1.119.643,00

Nota: La tabla representa las depreciaciones. Tomado de *Gerencia Técnica CCN y BYD*,

s.f. Realizado por *Alexandra Santos*.

6.2 COSTOS DE MATRICULACIÓN Y REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR.

Tabla 19

Costos de revisión y matriculación vehicular.

Bus	Eléctrico	Bus Diésel Nuevo	Bus Diésel Actual							
Base Imponible	\$589.286,00	\$341.820,00	\$80.000,00							
Buse Diésel - Nuevo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Impuesto Ambiental	\$3.675,00	\$3.675,00	\$3.675,00	\$3.675,00	\$3.859,00	\$3.859,00	\$3.859,00	\$3.859,00	\$3.859,00	\$3.859,00
Tasa SPPAT	\$111,37	\$111,37	\$111,37	\$111,37	\$111,37	\$111,37	\$111,37	\$111,37	\$111,37	\$111,37
Impuesto a la Propiedad	\$19.689,00	\$15.587,00	\$11.486,00	\$7.384,00	\$3.282,00	\$1.231,00	\$1.231,00	\$1.231,00	\$1.231,00	\$1.231,00
Impuesto al Rodaje	\$70,00	\$70,00	\$70,00	\$70,00	\$70,00	\$70,00	\$70,00	\$70,00	\$70,00	\$70,00
Tasas ANT	\$41,00	\$41,00	\$41,00	\$41,00	\$41,00	\$41,00	\$41,00	\$41,00	\$41,00	\$41,00
Sin Exoneración/anual	\$23.587,00	\$19.485,00	\$15.383,00	\$11.281,00	\$7.363,00	\$5.312,00	\$5.312,00	\$5.312,00	\$5.312,00	\$5.312,00
Con Exoneración/anual	\$4.160,00	\$3.340,00	\$2.519,00	\$1.699,00	\$879,00	\$469,00	\$469,00	\$469,00	\$469,00	\$469,00
Buse Diésel - Actual	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Impuesto Ambiental	\$4.043,00	\$4.043,00	\$4.043,00	\$4.043,00	\$4.043,00	\$4.043,00	\$4.043,00	\$4.043,00	\$4.043,00	\$4.043,00
Tasa SPPAT	\$111,37	\$111,37	\$111,37	\$111,37	\$111,37	\$111,37	\$111,37	\$111,37	\$111,37	\$111,37
Impuesto a la Propiedad	\$3.980,00	\$3.020,00	\$2.252,00	\$2.252,00	\$2.252,00	\$2.252,00	\$2.252,00	\$2.252,00	\$2.252,00	\$1.980,00
Impuesto al Rodaje	\$70,00	\$70,00	\$70,00	\$70,00	\$70,00	\$70,00	\$70,00	\$70,00	\$70,00	\$70,00
Tasas ANT	\$41,00	\$41,00	\$41,00	\$41,00	\$41,00	\$41,00	\$41,00	\$41,00	\$41,00	\$41,00
Sin Exoneración/anual	\$8.245,00	\$7.285,00	\$6.517,00	\$6.517,00	\$6.517,00	\$6.517,00	\$6.517,00	\$6.517,00	\$6.517,00	\$6.245,00
Con Exoneración/anual	\$1.018,00	\$826,00	\$673,00	\$673,00	\$673,00	\$673,00	\$673,00	\$673,00	\$673,00	\$618,00
Bus Eléctrico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Impuesto Ambiental	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
Tasa SPPAT	\$111,37	\$111,37	\$111,37	\$111,37	\$111,37	\$111,37	\$111,37	\$111,37	\$111,37	\$111,37
Impuesto a la Propiedad	\$34.537,00	\$27.466,00	\$20.394,00	\$13.323,00	\$6.251,00	\$2.716,00	\$2.716,00	\$2.716,00	\$2.716,00	\$2.366,00
Impuesto al Rodaje	\$70,00	\$70,00	\$70,00	\$70,00	\$70,00	\$70,00	\$70,00	\$70,00	\$70,00	\$70,00
Tasas ANT	\$41,00	\$41,00	\$41,00	\$41,00	\$41,00	\$41,00	\$41,00	\$41,00	\$41,00	\$41,00
Sin Exoneración/anual	\$34.759,00	\$27.688,00	\$20.617,00	\$13.545,00	\$6.474,00	\$2.938,00	\$2.938,00	\$2.938,00	\$2.938,00	\$2.589,00
Con Exoneración/anual	\$7.130,00	\$5.716,00	\$4.301,00	\$2.887,00	\$1.473,00	\$766,00	\$766,00	\$766,00	\$766,00	\$696,00
Cantidad de Buses/Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Eléctricos	20									
Diésel Nuevos										
Diésel Actuales	40									
Bus Eléctrico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	\$142.596,00	\$114.310,00	\$86.024,00	\$57.739,00	\$29.453,00	\$15.310,00	\$15.310,00	\$15.310,00	\$15.310,00	\$13.913,00
2		\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
3			\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
4				\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
5					\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
6						\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
7							\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00
8								\$0,00	\$0,00	\$0,00
9									\$0,00	\$0,00
Total:	\$142.596,00	\$114.310,00	\$86.024,00	\$57.739,00	\$29.453,00	\$15.310,00	\$15.310,00	\$15.310,00	\$15.310,00	\$13.913,00
Bus Diésel Nuevo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2		0	0	0	0	0	0	0	0	0
3			0	0	0	0	0	0	0	0
4				0	0	0	0	0	0	0
5					0	0	0	0	0	0
6						0	0	0	0	0
7							0	0	0	0
8								0	0	0
9									0	0
Total:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus Diésel - Actual	\$40.734,00	\$33.054,00	\$26.910,00	\$26.910,00	\$26.910,00	\$26.910,00	\$26.910,00	\$26.910,00	\$26.910,00	\$24.734,00
Total por año Matrícula:	\$183.330,00	\$147.364,00	\$112.935,00	\$84.649,00	\$56.363,00	\$42.220,00	\$42.220,00	\$42.220,00	\$42.220,00	\$38.647,00
Total por año RTV:	\$5.198,00	\$5.198,00	\$5.198,00	\$5.198,00	\$5.198,00	\$5.198,00	\$5.198,00	\$5.198,00	\$5.198,00	\$5.198,00

Nota: La tabla representa los costos de revisión y matriculación vehicular. Tomado de Gerencia Técnica CCN y BYD, s.f. Realizado por Alexandra Santos.

6.3 TABULACIÓN DEL RESUMEN DE COMPARATIVOS ENTRE UN BUS ELÉCTRICO Y UNO A DIÉSEL

Tabla 20

Datos comparativos de los costos ENTRE UN BUS ARTICULADO A DIÉSEL Y UN ELÉCTRICO

TABULACIÓN Y COMPARACIÓN DE DATOS	<u>BUS ARTICULADO ELÉCTRICO</u>	<u>BUS ARTICULADO A DIÉSEL</u>
	\$	\$
COSTO VARIABLE POR KM	\$0,53	\$0,89
COSTOS FIJOS ANUALES		
TOTAL COSTOS FIJOS ANUAL	\$4.996.829,86	\$3.907.095,02
COSTO DIFERENCIAL ENTRE UN ARTICULADO A DIÉSEL Y UN ELÉCTRICO	\$1.089.734,84	
COSTO DE ADQUISICIÓN BUS ARTICULADO NUEVO	\$660.000,00	\$324.000,00
COSTO DE UN BUS ARTICULADO REPOTENCIADO	\$162.967,20	\$80.000,00
COSTOS POR CADA PARADA MENSUAL	\$102.500,00	\$102.500,00
COSTO MANTENIMIENTO PARADAS ANUAL (PERSONAL MAS INSUMOS)	\$198.126,72	\$198.126,72
COSTO MANTENIMIENTO PARADAS ANUAL	\$151.200,00	\$151.200,00
COSTO RECURSOS HUMANOS ANUAL	\$326.059,94	\$262.098,00
SERVICIOS PROFESIONALES COMPLEMENTARIOS ANUAL	\$57.600,00	\$57.600,00
GASTOS ADMINISTRATIVOS Y OPERATIVOS	\$134.918,08	\$132.285,60
COSTOS DE RECAUDACIÓN ANUAL	\$1.564.151,22	\$1.515.356,70
GASTOS COMPLEMENTARIOS ANUAL	\$1.079.561,70	\$1.071.600,00
INFRAESTRUCTURA	\$357.887,00	\$0,00
CARGADOR ELECTRICO	\$192.500,00	\$0,00
MATRICULACION VEHICULAR	\$4.160,00	\$7.130,00
REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR	\$5.198,00	\$5.198,00

Nota: La tabla representa los datos de costos comparativos entre un bus articulado eléctrico y un bus articulado a diésel. Realizado por *Alexandra Santos*.

Tabla 21

Datos comparativos del ahorro económico en cuanto al Diesel y energía necesarios para la operación entre un bus eléctrico y uno de combustión interna.

EQUIVALENCIA DE GASTOS			AHORRO ANUAL POR CADA BUS ARTICULADO	AHORRO ANUAL POR CADA BUS ARTICULADO %
GL DIESEL ANUAL PARA 1 ARTICULADO	\$13.538,79		\$5.959,90	44,02%
KW ENERGIA ANUAL PARA 1 ARTICULADO		\$7.578,89		

Nota: La tabla representa los datos comparativos de operación entre un bus articulado eléctrico y un bus articulado a diésel. Realizado por *Alexandra Santos*.

7 CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES.

1. A partir de los costos fijos y los costos totales por kilómetro recorrido, se concluyó que la factibilidad económica de introducir una flota de buses eléctricos es dos veces mayor que las inversiones necesarias para la operación de buses con motor de combustión interna.
2. En cuanto a los valores económicos de ahorro comparando el combustible y la energía necesarias para la operación de un articulado a diésel y un eléctrico, tenemos un valor significativo diferencial del 44% de ahorro económico al no

usar combustible. Por otro lado, los altos costos de inversión y operacionales de buses eléctricos están sobre el 127% contra los buses convencionales a diésel. Entonces se concluye que aun cuando los buses eléctricos son muy favorables para el medio ambiente, no es lo óptimo reemplazar a la flota de buses convencionales por los altos costos.

3. Aun cuando el sistema de transporte público debería ser una de las prioridades para las administraciones y gobernantes de cada periodo eso no siempre se cumple, en Quito, específicamente para el Corredor Central Norte hubo mucho descuido en cuanto a renovación de flota lo que ha debilitado posibles estudios sobre un cambio de flota por automotores eléctricos.
4. El autobús de combustión interna se puede repostar en 15 minutos y continuar, por lo que en una ruta determinada, el autobús puede realizar varios ciclos en esta ruta, mientras que el autobús eléctrico puede recorrer unos 248 km ("BYD Auto Electric Bus | Plug in the United"), s.f.), y la batería necesita cargarse durante 5 horas lo que significa que más autobuses eléctricos sirvan al público comparados con los de combustión interna.
5. Quito emite un 56% de CO₂ debido al transporte público, cantidades considerables y preocupantes, lo que nos da a entender que cambiar la flota completa por buses

eléctricos tendría un impacto positivo en la cantidad de emisión de los gases de efecto invernadero

6. Cada bus de combustión interna tuvo en 2018 un consumo diario aproximado de 150,00 dólares de los Estados Unidos de América, lo que significa que durante el periodo de prueba cada automotor eléctrico tuvo un ahorro económico de \$ 9.000,00 dólares, que reflejando en valores aproximados por toda la flota de buses a combustión (60 buses articulados), en un periodo de dos meses, se tendría un ahorro económico significativo de \$ 540.000,00.

7. Actualmente en nuestro país no existe un plan de reciclaje para baterías de autos eléctricos, ocasionando contaminación con productos no reciclables y altamente contaminantes.

8. Entonces, al final, tanto los buses eléctricos como los de combustión interna contaminan el medio ambiente.

7.2 RECOMENDACIONES

1. Recomiendo desarrollar un plan de reducción de contaminación por medio del transporte público, con una alta rentabilidad de recaudación, para utilizar

vehículos de energía renovable y así cumplir con las mismas ventajas que los autobuses de combustión interna, de esta manera sería viable el cambio de flota.

2. Recomiendo un nuevo plan de renovación de unidades convencionales articuladas es decir a diésel, las unidades antiguas están actualmente consideradas como chatarra, lo ideal sería reemplazarlas por nuevas ya que la capacidad de usuarios lo necesita, al regresar al uso de buses tipo se hace un gran retroceso en el desarrollo del servicio de un mejor transporte público.

3. Sería óptimo reestructurar el sistema de transporte público convencional, de ésta manera al garantizar un mejor mantenimiento de las unidades tendrían una vida útil mas duradera, en este caso no sería tan viable un mayor gasto en unidades eléctricas que a la larga se convertirán también a la ciudad en una chatarrera por el desecho de sus baterías eléctricas debido a que la ciudad no ha establecido un plan para eliminar este tipo de desechos altamente contaminantes.

4. Los gobernantes en turno deberían incentivar por medio de, un ejemplo; campañas ambientales, a disminuir el uso de movilidad motorizada o de transporte privado, de esta manera se reforzaría el transporte público y se invertiría en mejoras para el mismo.

8 BIBLIOGRAFÍA

(s.f.).

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (06 de mayo de 2016).

ATSDR. Obtenido de https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts175.html

Álvarez, R. (21 de marzo de 2019). *Xataka*. Obtenido de Autobuses eléctricos y la demanda

mundial del petróleo.: <https://www.xataka.com/vehiculos/casi-99-autobuses-electricos-mundo-estan-china-esto-se-empieza-a-ver-demanda-mundial-petroleo>

Anónimo. (24 de agosto de 2014). *aficionados a la mecanica*. Obtenido de

<http://ww12.aficionadosalamecanica.net/>

Becerra, L. (16 de julio de 2020). *Parlatino*. Obtenido de movilidad-electrica-16-7-20.:

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

Bermudez. (16 de julio de 2020). *Parlotino*. Obtenido de movilidad-electrica-16-7-20:

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

Bravo, D. (19 de julio de 2018). *El comercio*. Obtenido de Las pruebas de buses eléctricos comenzarán la próxima semana:

<https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/pruebas-buses-electricos-quito-transporte.html>

BYD Co. (2019). *BYD*. Obtenido de Byd Eléctrico: [https://bydelectrico.com/ec/wp-](https://bydelectrico.com/ec/wp-content/Folletos/Especificaciones%20Te%CC%81cnicas%20BYD%20K9G.pdf)

[content/Folletos/Especificaciones%20Te%CC%81cnicas%20BYD%20K9G.pdf](https://bydelectrico.com/ec/wp-content/Folletos/Especificaciones%20Te%CC%81cnicas%20BYD%20K9G.pdf)

Cámara de transporte urbano de Quito. (2019). Obtenido de Cámara de transporte urbano

de Quito: <http://www.camaratransportequito.com.ec/buscador-de-rutas/ç>

Carvajal, A. M. (25 de diciembre de 2017). *El comercio*. Obtenido de El presupuesto 2018 de Quito prioriza la movilidad:

<https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/presupuesto-quito-prioriza-movilidad-municipio.html>

CERTU. (2010). *FACILITACIÓN DEL TRANSPORTE Y EL COMERCIO EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE*. Obtenido de

https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36157/1/FAL-312-WEB_es.pdf

Cueva, G. (10 de mayo de 2019). *Repositorio de tesis de grado y posgrado*. Obtenido de Análisis de factibilidad de implementación de buses 100% eléctricos (EBuses) para impulsar la movilidad sostenible en el sistema de transporte urbano del Distrito Metropolitano de Quito:

<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/16542#:~:text=Con%20la%20implementaci%C3%B3n%20de%20buses, reducir%20la%20probabilidad%20de%20contraer>

Definición XYZ. (5 de abril de 2022). Obtenido de Ingeniería de costos:

<https://definicion.xyz/ingenieria-de-costos/>

Diario Estrategia. (13 de diciembre de 2018). *Diario Estrategia*. Obtenido de Presentan primera flota de 100 buses eléctricos que se integrarán al sistema de transporte público de Santiago: <https://www.diarioestrategia.cl/texto-diario/mostrar/1279303/presentan-primera-flota-100-buses-electricos-integraran-sistema-transporte-publico-santiago>

El comercio . (6 de agosto de 2014). *El comercio*. Obtenido de Quito produce dióxido de carbono: <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito-produce-millonesdioxidocarbono>

El comercio . (09 de agosto de 2022). *El comercio* . Obtenido de Paradas del corredor central norte: <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/corredor-central-norte-buses-paradas.html>

Empresa Pública Metropolitana de Transporte de Pasajeros. (15 de marzo de 2017). *Empresa Pública Metropolitana de Transporte de Pasajero*. Obtenido de <http://www.trolebus.gob.ec/index.php/gestion/nuestras-paradas#sur-occidental>

Empresa pública metropolitana de transporte de pasajeros. (29 de junio de 2017). *Empresa pública metropolitana de transporte de pasajeros*. Obtenido de http://www.trolebus.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=292&Itemid=686%20160

Empresa Pública Metropolitana de Transporte de Pasajeros. (15 de marzo de 2017). *Empresa Pública Metropolitana de Transporte de Pasajeros*. Obtenido de <http://www.trolebus.gob.ec/index.php/gestion/nuestras-paradas#oriental-ecov%C3%ADa>

Fierro, A. (2014). *Revista gestión* . Obtenido de El Ecuador tiene el mayor nivel de subsidiosa los combustibles: https://revistagestion.ec/sites/default/files/import/legacy_pdfs/245_003.pdf

Gerencia CCN . (2022). *Corredor central norte* .

Gerencia Técnica CCN y BYD. (s.f.). *Gerencia Técnica CCN y BYD*. Obtenido de Gerencia Técnica CCN y BYD.

González, J. (04 de diciembre de 2018). *El comercio* . Obtenido de Primeros buses eléctricos para Guayaquil: <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/buses-electricos-guayaquil-transporte-pasajeros.html>

Instituto metropolitano de planificación urbana . (17 de marzo de 2019). Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/18G5nfixJq0SVGCiFAhyvqirsPhYmgbof/view?f161>

Jácome, E. (10 de diciembre de 2019). *El comercio*. Obtenido de Buses eléctricos en Quito suben cuotas sin problema: <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/quito-buses-electricos-cuotas-transporte.html>

López, G., & Galarza, S. (2016). *Euroclima*. Obtenido de Movilidad Eléctrica: Oportunidades para Latinoamérica: <https://www.euroclima.org/idiomas/movilidad-electrica-oportunidades-para-latinoamerica>

Ministerio de obras públicas y comunicaciones. (2002). *Obras públicas* . Obtenido de MOP-001F-2002: https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/01/MPR_Chimborazo_Cumanda_Especificaciones-Tecnicas-MOP-001-F-2002.pdf

Ministerio de transporte y obras públicas. (01 de diciembre de 2013). *Obras públicas*. Obtenido de 01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A: https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf

Ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana. (11 de diciembre de 2022).

Ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana. Obtenido de <https://www.mitma.gob.es/areas-de-actividad/transporte-terrestre/inspeccion-y-seguridad-en-el-transporte/pesos-y-dimensiones/longitudes/longitudes-viajeros/longitud-autobuses-y-autocares-articulados>

Mojica, C., & Lefevre , B. (14 de diciembre de 2018). *Moviliblog*. Obtenido de

<https://blogs.iadb.org/transporte/es/los-autobuses-electricos-pueden-transformar-el-transporte-publico-de-america-latina/>

PIHLATIE, M., PAAKKINEN, M., & ANTTILA, J. (2017). *VTT*.

Quito como vamos. (diciembre de 2020). Obtenido de INFORME-DE-CALIDAD-DE-

VIDA-QUITO-COMO-VAMOS: https://quitocomovamos.org/wp-content/uploads/2020/12/INFORME-DE-CALIDAD-DE-VIDA-QUITO-COMO-VAMOS_compressed-3.pdf

Quito informa . (15 de septiembre de 2022). *Quito informa* . Obtenido de Corredor central

norte : <http://www.quitoinforma.gob.ec/2022/09/15/corredor-central-norte-mejora-el-servicio/>

Real Academia Española. (2019). *Real Academia Española*. Obtenido de Transporte:

<https://dle.rae.es/transporte>

Real Academia Española. (2021). *Real Academia Española*. Obtenido de Transporte :

<https://dle.rae.es/transporte>