

## **Análisis Financiero para la Implementación de un Bus Eléctrico Urbano en la Ciudad de Cuenca**

### **Financial Analysis for the Implementation of an Urban Electric Bus in the City of Cuenca**

**Diego Francisco TORRES-MOSCOYO<sup>1</sup> , Daniel Guillermo CORDERO-MORENO<sup>1</sup> ,**  
**Luis Bernardo TONON-ORDÓÑEZ<sup>1</sup>  y Efrén Esteban FERNÁNDEZ-PALOMEQUE<sup>1</sup> **

1. Universidad del Azuay, Facultad de Ciencias de la Administración. Cuenca. Ecuador.

Email: [ftorres@uazuay.edu.ec](mailto:ftorres@uazuay.edu.ec); [dacordero@uazuay.edu.ec](mailto:dacordero@uazuay.edu.ec); [ltonon@uazuay.edu.ec](mailto:ltonon@uazuay.edu.ec); [efernandez@uazuay.edu.ec](mailto:efernandez@uazuay.edu.ec)

#### **Resumen**

El presente trabajo realizó un análisis financiero que permite establecer la factibilidad económica para implementar buses eléctricos de servicio urbano en la ciudad de Cuenca que circulen por rutas urbanas que conectan las principales sedes universitarias de la ciudad. La ciudad de Cuenca está ubicada a 2 560 msnm y tiene una población urbana 329 928 habitantes. Para ello, se establecieron cinco rutas urbanas que permitan la conexión entre las universidades, proponiendo rutas con longitudes de 14 a 34 km, con una duración de 30 minutos a una hora y quince minutos y considerando la movilización de 40 000 estudiantes. Por un lado, los costos de análisis incluyen ingresos que implica el valor del pasaje y publicidad móvil. Por otro lado, están los egresos como la adquisición de la unidad, el mantenimiento y repuestos, el financiamiento y gastos operacionales. Una vez determinados los valores se aplican condiciones del valor actual neto (VAN) y de la tasa interna de retorno (TIR). Obteniendo como resultado valores menores y negativos, resultando el proyecto no rentable, esto es debido al valor del pasaje de \$ 0.31. Como conclusión, y para que el proyecto sea rentable, se considera una elevación del pasaje en un 61 al 83 %.

#### **Palabras Clave**

Análisis financiero, factibilidad económica, transporte urbano.

#### **Abstract**

*The present paper carried out a financial analysis that allows establishing the economic feasibility of implementing electric buses for urban service in the city of Cuenca, which circulate through urban routes that connect the main university campuses of the city, which is located at 2 560 meters above sea level and has an urban population of 329 928 inhabitants; for this purpose, five urban routes were established that allow the connection between the universities, proposing routes with lengths of 14 to 34 km, with a duration of 30 minutes to one hour and fifteen minutes, considering the mobilization of 40 000 students. The costs of analysis include income, which implies the value of the ticket and mobile advertising, on the other hand, there are the expenses, such as the acquisition of the unit, maintenance and spare parts, financing and operating expenses; once the values are determined, net present value (NPV) and internal rate of return (IRR) conditions are applied. As a result, lower and negative values are obtained, resulting in an unprofitable project, and this is due to the \$ 0.31 ticket value; as a conclusion and in order for the project to be profitable, a 61 to 83 % increase in the ticket is considered.*

#### **Keywords**

*Financial analysis, Economic feasibility, Urban transportation.*

**Códigos de clasificación JEL:** M21, M40, L92.



## Introducción

La evaluación de un proyecto de inversión se realiza con base en el valor de los flujos futuros generados por el proyecto. Por lo tanto, se realizan estimaciones de los ingresos, costos y gastos para obtener, finalmente, las utilidades en un periodo de diez años.

Un sistema de costos se basa en las condiciones en que invierten, utilizan o consumen los recursos que intervienen en la elaboración de los productos y responde a los enfoques administrativo, operativo y contable aplicables a las actividades de producción que se ejecutan en la entidad de la que forma parte como integrante de la estructura funcional que se necesita para lograr los propósitos empresariales (Ramírez et al., 2010).

Considerar el precio del bus urbano eléctrico implica analizar las diferentes ofertas del mercado. Actualmente, se pueden obtener beneficios en el precio final del bus dependiendo del número de buses o flota que se solicite al fabricante o vendedor, también depende de las características técnicas y tecnología aplicada en el vehículo. En el Ecuador, la principal marca de buses eléctricos que se comercializan es BYD, con valores de \$400 000 a \$500 000 dólares. En el caso del bus BYD K9G, tiene un valor de \$419 500 dólares (Cueva Ruiz, 2019) y el modelo BYD K11A de \$505 500 dólares (Moyano, 2019). En el caso de los buses eléctricos que se adquirieron para la ciudad de Guayaquil tuvieron un valor de alrededor de \$400 000 dólares (Pesantez, 2019). Hay que tener en cuenta, además, que el porcentaje promedio de inflación en el Ecuador desde 2015 a 2019 fue de 1.23 % (Banco Mundial, 2021), para el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2021) en los mismos años fue 1.59 % y para el año 2020 finalizó con una inflación anual de -1.04 % (Redacción Primicias, 2021).

La Agencia Nacional de Tránsito (ANT) es la encargada de regular el transporte te-

rrestre, tránsito y seguridad vial a nivel nacional. Ha transferido sus competencias al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca (GAD Municipal de Cuenca) y dentro del cantón se ha dado a través de la Empresa Pública de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca (EMOV-EP) y la Dirección Municipal de Tránsito (DMT) y la Cámara de Transportes de Cuenca (CTC), compañía privada encargada de la prestación del transporte público urbano en el cantón Cuenca. Para brindar el servicio existe el Consorcio CONCUENCA encargado de la operación en rutas y el Consorcio SIR Cuenca que es el sistema integrado de recaudo de la actividad del transporte urbano.

En la Universidad de Delaware, Estados Unidos, Noel y McCormack (2014) analizaron y compararon los costes y beneficios de la implementación de un bus eléctrico conectado a la red de energía eléctrica (*vehicle-to-grid* V2G) para transporte escolar con un bus de las mismas características pero con motor Diesel, considerando diversas variables como: el costo del bus, la forma y comportamiento de los conductores, gasto de combustible, el consumo de energía eléctrica, el mantenimiento de cada tipo del bus y las externalidades con relación a la salud y el medioambiente. Con ello, determinaron que sin los ingresos del V2G un autobús eléctrico no sería rentable, ya que costaría miles de dólares por asiento. Pero considerando los beneficios del V2G como incentivos económicos adicionales supone un beneficio neto anual.

Según Vilppu y Markkula (2015), en un estudio realizado en Tampere University of Technology, Finlandia, la viabilidad económica de los autobuses eléctricos en una ciudad de tamaño medio depende de una planificación cuidadosa y se deben considerar diferentes parámetros como la ciudad, la forma de conducción, la producción de energía y los fabricantes.

En un informe realizado por Grütter Consulting (Grütter, 2015) se comparó el rendimiento real de emisiones y rentabilidad del uso de buses con motores Diesel o a gas con buses híbridos y eléctricos, utilizando datos de las ciudades de Zhengzhou y Shenzhen en China y Bogotá en Colombia. En sus conclusiones se afirma que la utilización de buses eléctricos se considera económicamente rentable y que se espera que su costo baje y que aumente la capacidad de las baterías.

El análisis costo-beneficio de las cadenas cinemáticas de autobuses escolares con motor Diesel, con GNC y eléctricos determinan que las nuevas tecnologías aumentan los costos actuales netos en comparación con el motor Diesel. Es por ello que no es rentable dicha implementación, pero si se superan algunos factores técnicos, legales y económicos la implementación de buses eléctricos puede ser factible (Shirazi et al., 2015).

De acuerdo con Malnaca y Yatskiv (2018), quienes analizan un caso específico de funcionamiento de un autobús diésel convertido en eléctrico en una ciudad de Letonia con la ayuda del modelo económico, se determinan las variables críticas, así como sus valores de cambio que hacen que el uso de un autobús con motor Diesel convertido en un vehículo eléctrico sea económicamente viable. El modelo puede utilizarse para apoyar el proceso de toma de decisiones de los interesados en el transporte público en el contexto de la implantación de un transporte público respetuoso con el medio ambiente.

En Estambul, Turquía, Topal y Nakir (2018) realizaron un análisis de inversión y rentabilidad mediante el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y el periodo de retorno (PB) para la implementación de autobuses de transporte público con motor Diesel, con gas natural (GNC) y eléctricos. En este análisis se determinó que el concepto de autobús eléctrico puede ser

un método alternativo y eficaz en el futuro sistema de transporte público. Para ello, es importante que se acelere la producción en masa de los autobuses eléctricos y se consigan condiciones de mercado competitivas.

Dyr et al. (2018), en su trabajo aplicado a la Unión Europea, evaluaron la eficacia financiera y económica de la inversión asociada a la adquisición de medios de transporte público con tracción alternativa, describieron los costos de operación y mantenimiento de los buses de uso con la tracción convencional y alternativa. Concluyeron que la barrera para la amplia aplicación de autobuses con conducción alternativa son los costos de inversión más altos en el caso de comprar autobuses Diesel y la incertidumbre relacionada con los costos operativos de estos vehículos. Señalaron los beneficios resultantes de limitar la influencia del transporte público que utiliza vehículos de propulsión alternativa en el entorno natural, en especial los vehículos con propulsión eléctrica, confirmando la eficacia económica de su aplicación.

En un estudio desarrollado en la ciudad italiana de Sorrento, Carteni et al. (2020) analizan de manera crítica las debilidades, fortalezas y campos de aplicación de la movilidad eléctrica mediante la propuesta de renovación de la flota de buses por unidades híbridas enchufables Diesel cargadas por un sistema fotovoltaico. Además, se evaluó la conveniencia financiera para un operador privado de invertir en esta tecnología. Finalmente, los autores concluyeron que el sistema propuesto era rentable y tenía un periodo de recuperación financiera de 10 años para un inversor privado.

Teniendo en cuenta estos estudios, en este trabajo el objetivo principal consistió en determinar la factibilidad económica de implementar el proyecto del bus eléctrico urbano que circule en la ciudad de Cuenca en Ecuador. Teniendo entre los objetivos específicos la determinación de los parámetros

de ingresos y egresos que se conceptualizan como el dinero que ingresa al proyecto por las ventas en función de los precios cobrados y las cantidades vendidas como son: la cantidad de pasajeros-vehículo por kilómetro, el precio del pasaje, la publicidad, así como, los egresos que implican los permisos de operación, el mantenimiento, el sueldo de los choferes profesionales, el financiamiento y el consumo de energía.

## Materiales y Métodos

La metodología aplicada fue con base en el valor de los flujos futuros que se generarán en el servicio de transporte público urbano. Para ello fue necesario considerar las rutas a recorrer determinando el tiempo y longitud y conociendo las características técnicas del bus eléctrico para determinar el consumo energético.

Para estimar los ingresos se considera la cantidad de pasajeros promedio de un bus urbano en la ciudad de Cuenca, el valor del pasaje único y diferenciado y los valores por publicidad móvil. Con relación a la estimación de egresos se consideran el mantenimiento anual y repuestos de la unidad, los gastos

por licencias de funcionamiento, pagos de intereses y capital del préstamo y, finalmente, el pago por consumo de energía eléctrica. En último lugar, se obtiene un flujo final y con ello se determina el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR) para analizar si los valores indican la factibilidad del proyecto.

### Denominación de rutas, longitud de recorrido, tiempo y cantidad de pasajeros

En la estimación financiera para la aplicabilidad de buses urbanos eléctricos en el cantón Cuenca se consideraron rutas urbanas, las cuales conectan las sedes universitarias principales y las más importantes que tiene la ciudad dentro del perímetro urbano. En la Tabla 1 se muestra la longitud de cada ruta, el tiempo de recorrido y la cantidad de pasajeros que puede servir el bus, dicha cantidad está considerada para las rutas urbanas de 4.2 pasajeros vehículo por kilómetro, el 76 % o 3.2 pasajeros vehículo por kilómetro pagan tarifa única de \$ 0.31 dólares y el 24 % o 1 pasajero vehículo por kilómetro pagan tarifa diferenciada de \$0.15 dólares (Ilustre Municipalidad de Cuenca, 2015).

**Tabla 1.** Rutas, longitud, tiempo y cantidad de pasajeros

Ruta	Nombre	Longitud [km]	Tiempo	Cantidad total de pasajeros por ruta
1	Directa	14.04	31'37''	58.97
2	Eco Campus	18.25	46'16''	76.65
3	Baños	32.56	1h17'33''	136.75
4	Sedes Centro	34.72	1h14'0.5''	145.82
5	Exprés	14.51	33'59''	60.94

Nota: elaboración propia.

### *Cantidad de pasajeros anuales por cada ruta*

La Tabla 2 muestra una proyección de pasajeros anuales por cada ruta, considerando el

número de viajes que se realizan por día y los pasajeros de pago único y diferenciado.

**Tabla 2.** Cantidad de pasajeros diarios y anuales por ruta

Ruta	Nombre	Número de recorridos diarios	Cantidad pasajeros anuales (pasaje único)	Cantidad pasajeros anuales (pasaje diferenciado)
1	Directa	15	242 611.2	75 816
2	Eco Campus	10	210 240	65 700
3	Baños	6	225 054.7	70 329.6
4	Sedes Centro	6	239 984.6	74 995.2
5	Exprés	14	234 017.3	73 130.4

Nota: elaboración propia.

### Análisis financiero para determinar la factibilidad de implementación

El funcionamiento de un bus eléctrico urbano considera valores de inversión inicial, valores de ingresos recibidos por la cantidad de pasajeros o por kilómetro recorrido por unidad y valores por publicidad. También se considera los gastos operativos, el financiamiento, impuestos y depreciación.

Considerando que la inversión y el proyecto conjunto tienen un plan económico para 10 años, debido a que la Corporación Financiera Nacional (CFN) realiza los préstamos del 70 % de la inversión con el 7.5 % de interés anual en periodos de hasta 15 años para proyectos de transporte eléctrico y tiene la capacidad de financiar desde \$50 000 a \$20 000 000 de dólares en proyectos nuevos (Corporación Financiera Nacional [CFN], 2019). Otra consideración es la proyección de aumento de la población anual del cantón Cuenca con un valor del 1.8 % (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2021).

#### *Proyección de ingresos*

La proyección de ingresos está basada en la cantidad de pasajeros anuales que puede servir el bus y con una proyección a 10 años, considerando en cada año el aumento de población del cantón Cuenca y el precio establecido actual del pasaje único y del pasaje

diferenciado. En la actualidad, el precio del pasaje en bus es de \$ 0.31, de esos \$ 0.30 los cubre el usuario y \$ 0.01 lo subsidia el municipio de Cuenca (Astudillo, 2018).

El precio del pasaje para realizar los cálculos se mantiene durante los primeros 5 años y para los siguientes años se considera un aumento del 15 %, basado en los acuerdos del gobierno con los transportistas (Orozco, 2021) y en el aumento del precio del pasaje en el cantón Cuenca en 5 años que fue del 20 % (Astudillo, 2018). La Ecuación 1 establece el aumento de población anual y la Tabla 3 muestra los ingresos anuales para la ruta #1.

#### **Ecuación 1**

$$\Delta PA = \left( P \left( 1 + \frac{\Delta IA}{100} \right) \right)$$

Donde:

$\Delta PA$  es la variación de pasajeros anuales.

$P$  es la cantidad de pasajeros en el año anterior.

$\Delta IA$  es el porcentaje de aumento de población anual [%]

El ingreso anual determinado por la Ecuación 2:

#### **Ecuación 2**

$$IA = (Pu * Vpu) + (Pd * Vpd)$$

Donde:

$IA$  es el ingreso anual [\$]

Pu es la cantidad de pasajeros anuales con pago único.

Vpu es el valor del pasaje único.

Pd es la cantidad de pasajeros con pago diferenciado.

Vpd es el valor del pasaje diferenciado.

**Tabla 3.** Proyección de ingresos anuales según la cantidad de pasajeros, valor del pasaje. Ruta #1 Directa

Parámetros	Año 1	Año 5	Año 10
Precio único	0.31	0.31	0.357
Precio diferenciado	0.155	0.155	0.178
Cantidad de pasajeros precio único anual	242 611.20	260 486.27	284 693.34
Cantidad de pasajeros precio diferenciado anual	75 816.00	81 401.96	88 966.67
Aumento de población anual Cantón Cuenca	0.018	0.018	0.018
Ingreso anual	86 960.95	93 368.05	117 351.49

Nota: elaboración propia.

### *Ingresos por publicidad*

La opción que tienen los dueños de los buses y del transporte en general es la publicidad móvil instalada en la unidad. De ello se considera un valor de \$ 250 dólares mensuales, la publicidad depende de los reglamentos e impuestos que determine la entidad reguladora de publicidad del GAD Municipal. La demanda de publicidad móvil es importante porque llega a un mayor número de personas, además, resulta más económico.

Por ejemplo, una valla estática cuesta unos \$ 8 mil dólares por una extensión de 6 por 4 metros, mientras que la móvil cuesta unos \$ 100 a \$ 200 dólares, dependiendo

de los lados del bus que se utilicen. Considerando la proyección de ingresos durante 10 años por publicidad y con una inflación promedio en cinco años de 5 % (INEC, 2018), la Ecuación 4 indica el ingreso anual por publicidad. En la Tabla 4 se muestra los valores proyectados.

### **Ecuación 4**

$$Pub = Pub_{ant} * Inf$$

Donde:

Pub es el valor anual por publicidad.

Pub ant es el valor del año anterior por publicidad.

Inf es la inflación anual.

**Tabla 4.** Proyección de ingresos anuales según la cantidad de pasajeros, valor del pasaje y publicidad. Ruta #1 Directa

Parámetros	Año 1	Año 5	Año 10
Ingresos por ventas	86 960.95	93 368.05	117 351.49
Ingresos por publicidad	3 000.00	3 646.52	4 653.98
Total de ingresos	89 960.95	97 014.56	12 2005.47

Nota: elaboración propia.

### *Gastos operativos*

Dentro de los gastos operativos se proyectan los sueldos de los choferes, mantenimiento y reparaciones, repuestos, seguridad, limpieza, permiso de operación, revisión técnica vehicular, matrícula, seguro, energía, depreciaciones y equipos de seguridad.

### *Salarios*

El salario de los choferes que operan el bus eléctrico es regulado por el Ministerio de trabajo, la designación es de \$614.84 dólares mensuales (Ministerio del Trabajo, 2020). Los valores de remuneración salarial para dos choferes que debe tener el bus consisten también los valores de ley como es el seguro social, decimotercer y decimocuarto sueldos y fondos de reserva. Con dichos pagos anualmente el salario de dos choferes es de \$19 660.34 dólares.

### *Mantenimiento y reparaciones*

El mantenimiento del bus se lo debe realizar en intervalos de kilometraje, desde los 5 000 km hasta los 120 000 km que son los previstos en un año de mantenimientos por la marca BYD para sus modelos K9G y K11A. Para ello se desglosan en valores de mano de obra, insumos y repuestos (Jarrín y Mena, 2019). Los valores de costo de mano de obra por ejecución del mantenimiento en el sistema de frenos, en el sistema de dirección, sistema de transmisión, sistema de propulsión, sistema eléctrico, sistema neumático, sistema de refrigeración, aire acondicionado, limpiaparabrisas, puertas y la inspección general, cada hora tiene un valor de \$ 35 dólares. Anualmente el egreso

por mano de obra en los mantenimientos es de \$ 2 021.83 dólares. Los insumos utilizados en el mantenimiento incluyen grasas, aceites, limpiadores y el costo anual por mantenimientos es de \$ 1 370.23 dólares.

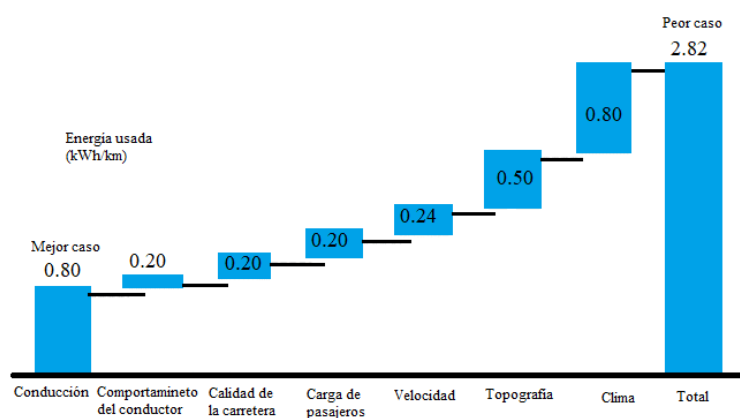
### *Repuestos*

La utilización de repuestos en los intervalos de mantenimiento para el bus eléctrico tiene un rubro de \$ 7 984.88 dólares anuales. Este valor no considera cambios de partes y piezas que puedan suscitarse durante el uso del bus y se encuentran fuera de los planes de mantenimiento establecidos.

### *Consumo de energía*

Según las características técnicas, el bus eléctrico tiene una capacidad de batería que permite proveer de energía al sistema eléctrico y con ello al sistema de propulsión del bus, mientras mayor recorrido diario realice el bus la carga de la batería disminuirá y, por lo tanto, es necesario realizar las recargas correspondientes para el funcionamiento del bus. La demanda energética para un autobús eléctrico depende de la velocidad, distancia de la ruta, número de pasajeros, temperatura, topografía, calidad de la vía y comportamiento del conductor. La Figura 1 muestra la demanda para los autobuses eléctricos, el consumo es de 0,8 kWh/km en el mejor caso y 2.82 kWh/km en el peor (Alvear Muevecela, 2019).

En la ciudad de Cuenca, considerando los recorridos de los buses urbanos, la eficiencia estimada de consumo de energía es de  $1.25 \pm 0.056$  kWh/km para buses eléctricos con baterías (BEB) (González et al., 2021).

**Figura 1.** Demanda de energía de un bus eléctrico

Nota: Alvear Muevecela (2019).

La tarifa de la energía eléctrica en el Ecuador para la carga y utilización de vehículos eléctricos tiene un valor de \$ 0.1 dólares si se carga el vehículo de 18 a 22 horas; \$ 0.08 dólares de 8 a 18 horas de lunes a viernes y \$ 0.05 dólares de 22 a 8 horas de lunes a viernes. A partir de unos 200 kWh

o 300 kWh se puede llegar a 400 kWh más, estos últimos kWh aumentarían a \$ 0.25 dólares por kWh (Guglielmetti, 2021).

La Ecuación 5 indica el cálculo del valor de consumo de energía considerando la distancia de la ruta, la energía por kilómetro y la tarifa de energía.

### Ecuación 5

$$C_e = Dd * Re * T_e$$

Donde:

$C_e$  es el consumo de energía (día, mes o año) [\$]

$Dd$  es la distancia recorrida (día, mes o año) [km]

$Re$  es el consumo de energía por kilómetro [kWh/km]

$T_e$  es la tarifa de energía [\$kWh]

En la Tabla 5 se muestra la proyección del consumo de energía anual para la ruta #1.

**Tabla 5.** Valor del consumo anual de energía

Características	Ruta #1 Directa
Tiempo de recorrido una ruta [h]	0.527
Distancia [km]	14.04
Distancia recorrida por día [km]	210.6
Costo de energía eléctrica [\$kWh]	0.08
Consumo de energía [kWh/km]	1.25
Consumo de energía en diario [kW]	263.25
Valor del consumo de energía día [\$]	21.06
Distancia recorrida por año [km]	7 5816
Consumo de energía por año [kWh]	94 770
Valor del consumo de energía anual [\$]	7 581.60

Nota: elaboración propia.



### Utilidad operacional

Considerando el precio del bus eléctrico en el mercado, los ingresos y los egresos que implica la operación del bus para brindar el servicio

de transporte urbano, se realiza el cálculo de la utilidad operacional. La Ecuación 6 determina el valor para cada ruta. En la Tabla 6 se muestra la utilidad operacional de la ruta #1.

### Ecuación 6

$$Utilidad\ operacional = Total\ de\ ingresos - total\ de\ gastos$$

**Tabla 6.** Valor del consumo por operación y legalización. Ruta #1 Directa

Gastos operativos	Año 1	Año 5	Año 10
Gastos de personal	19 660.34	21 280.98	23 495.93
Mantenimiento y reparaciones	3 400.00	4 132.72	5 274.52
Repuestos	7 985.00	9 705.82	12 387.36
Seguridad y limpieza	100.00	100.00	100.00
Permiso de operación	480.00	528.00	528.00
Revisión técnica vehicular	46.00	46.00	46.00
Matrícula	200.00	200.00	200.00
Seguro (incluye seguro de desgravamen préstamo)	1 232.46	892.95	294.56
Energía	7 581.60	7 581.60	7 581.60
Depreciaciones	85 200.00	85 200.00	
Equipos de seguridad	5 475.00	5 475.00	5 475.00
Total Gastos	131 360.40	135 143.07	55 382.96

Nota: elaboración propia.

### Financiamiento

El financiamiento se puede realizar mediante la CFN, corporación gubernamental que otorga los préstamos para movilidad eléctrica con un valor del 70 % de la inversión, a un plazo de 10 a 15 años y a una tasa de interés del 7.5 % anual con un año de gracia (CFN, 2021). Mediante la tabla de amortización que aplican las entidades bancarias, cooperativas, mutualistas y la CFN se obtienen los valores de gastos por intereses y amortización de la deuda.

Aplicando la tabla de amortización vigente, se considera:

1. Valor del bus eléctrico = \$ 42 6000
2. Porcentaje de financiamiento 70 %
3. Valor total del préstamo (Capital) = \$ 298 200
4. Tasa de interés anual 7.5 %
5. Frecuencia = 12 meses
6. Periodos = Plazo 120 meses (10 años).
7. Tasa de seguro de desgravamen 0.35 %
8. Cuota calculada. La Ecuación 7 indica la fórmula de cálculo que se aplica en Excel.

**Ecuación 7**

$$Cuota\ calculada = PAGO \left( \frac{Tasa\ de\ interés\ anual}{frecuencia} ; Periodos\ meses; -Valor\ total\ del\ préstamo \right)$$

9. Aporte a SOLCA corresponde al 0.05 % del valor del préstamo.

10. Total de descuentos corresponde al fondo irrepartible, más el aporte a SOLCA. Ecuación 8.

**Ecuación 8**

$$Total\ descuentos = Fondo\ Irrepartible - Aporte\ SOLCA$$

11. Valor a recibir consiste en: valor total del préstamo menos total descuentos. Ecuación 9.

**Ecuación 9**

$$Valor\ a\ recibir = Valor\ total\ del\ préstamo - Total\ descuentos$$

**Plan de pagos**

Los valores de pago mensuales durante los 10 años o 120 meses, consideran el valor total del préstamo que es el capital, el

capital cobrado, los intereses, el seguro de desgravamen. A continuación, se indican las Ecuaciones 10 a la 13 aplicadas para obtener los valores de las cuotas mensuales.

**Ecuación 10**

$$Intereses\ Cobrados = \left( \frac{Capital\ cobrado * tasa\ de\ interés\ anual}{360} \right) * Días\ del\ mes$$

**Ecuación 11**

$$Seguro\ de\ Desgravamen = \left( \frac{Capital\ cobrado * tasa\ de\ seguro\ de\ desgravamen}{360} \right) * Días\ del\ mes$$

**Ecuación 12**

$$Capital\ Cobrado = Cuota\ calculada - Intereses\ Cobrados$$

**Ecuación 13**

$$Cuotas = Intereses\ Cobrados + Seguro\ de\ Desgravamen + Capital\ Cobrado$$

Los valores obtenidos en el financiamiento durante diez años de un capital de \$ 298 200 dólares, lo que implica pagos

mensuales cercanos a los \$ 3 500 dólares. Realizando la proyección, el pago final es de \$ 434 025.23 dólares. Eso implica que se

pagarán de intereses \$ 129 769.19 dólares y por seguro de desgravamen \$ 6 055.89 dó-

lares. En la Tabla 7 se indican los pagos anuales durante el tiempo del financiamiento.

**Tabla 7.** Valores a pagar por el financiamiento

# Años	Capital	Interés	Seguro	Total anual
1	20 437.89	22 038.39	1 028.46	43 504.74
2	22 107.08	20 369.20	950.57	43 426.85
3	23 847.97	18 628.31	869.34	43 345.62
4	25 725.97	16 750.31	781.67	43 257.95
5	27 712.70	14 763.58	688.95	43 165.23
6	29 934.18	12 542.10	585.30	43 061.58
7	32 291.45	10 184.83	475.30	42 951.58
8	34 834.35	7 641.93	356.60	42 832.88
9	37 566.24	4 910.04	229.14	42 705.42
10	43 742.18	1 940.49	90.56	45 773.23
Total	298 200.00	129 769.19	6 055.89	434 025.08

Nota: elaboración propia.

### Flujo final

Para considerar el flujo final de la inversión y mediante un análisis del valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR) y, principalmente, para determinar si la inversión y el financiamiento son viables para satisfacer el proyecto, es necesario establecer la utilidad económica del proyecto. Para ello, se considera la utilidad operacional, otros ingresos o el valor residual del bus al finalizar los 10

años, la amortización del préstamo (capital), los intereses, las utilidades antes de la participación de los impuestos y de las utilidades. Para el último año, se considera un pago de impuestos del 25 % de las utilidades. Finalmente, se obtiene la utilidad económica. Las Ecuaciones 15 a la 17 indican el proceso de cálculo y en la Tabla 8 se establecen los valores por cada ruta.

### Ecuación 14

$$Utilidad\ previa = Utilidad\ operacional + Otros\ ingresos - Amortización\ del\ préstamo - Interés$$

Donde:

Utilidad previa es la utilidad antes de la participación de utilidades e impuestos.

Utilidad operacional corresponde a la Ecuación 6. Otros ingresos es el valor de venta del bus en los 10 años.

Amortización del préstamo es el capital, corresponde a la Ecuación 12.

Intereses es el interés anual, corresponde a la Ecuación 13.

**Ecuación 15**

$$\text{Impuestos} = (\text{Utilidad previa} * 25\%)$$

**Ecuación 16**

$$\text{Utilidad Económica} = \text{Utilidad previa} - \text{Impuestos}$$

**Ecuación 17**

$$\text{Flujo Final} = \text{Utilidad Económica} + \text{Depreciación}$$

**Tabla 8.** Valores del flujo final en la Ruta #1 Directa

	Año 0	Año 1	Año 5	Año 10
Utilidad operacional		-41 399.45	-38 128.51	66 622.51
Otros ingresos (valor residual)		0	0	213 000.00
Financiamiento		0	0	0
Amortización préstamo		20 437.89	27 712.70	43 742.18
Gasto por intereses		22 038.39	14 763.58	1 940.49
Utilidad antes de participación de utilidades e impuestos		-83 875.73	-80 604.79	233 939.84
15% de utilidades		0	0	0
Impuestos		0	0	58 484.96
Utilidad económica del ejercicio	-426 000.00	-83 875.73	-80 604.79	175 454.88
Depreciación		85 200.00	85 200.00	
Flujo Final	-426 000.00	1 324.27	4 595.21	175 454.88

Nota: elaboración propia.

**Tasa de descuento**

Considerado el 70 % del préstamo a una tasa de interés del 7.5 %, el 30 % de los fondos propios que se deben invertir y la rentabilidad

esperada por el inversionista del 20 %, de estos valores se obtiene la tasa ponderada que sirve para determinar el valor actual neto (VAN). La Ecuación 18 muestra el cálculo.

**Ecuación 18**

$$(\text{Tasa de descuento} = (\% \text{Préstamo} * \% \text{tasa de interés}) + (\% \text{Fondos propios} * \% \text{Rentabilidad}))$$

*Valor actual neto (VAN)  
y la tasa interna de retorno (TIR)*

El VAN y el TIR permiten calcular la viabilidad de un proyecto. Para el caso del VAN se consideran los flujos de los futuros ingresos y egresos y se descuenta la inversión inicial, en caso de obtener alguna ganancia el proyecto puede ser viable. Si los valores obtenidos son mayores a cero se puede considerar que el proyecto es rentable, en el caso de ser menores que cero el proyecto elimina

valores, significa que el proyecto no es rentable. El TIR es la tasa de interés o rentabilidad que debe generar el proyecto e indica el porcentaje de beneficio o pérdida que puede tener el proyecto y tiene relación con la tasa de descuento para calcular el VAN. Si el valor del TIR es menor, el proyecto debe ser rechazado y si es mayor el proyecto debe ser aceptado. En las Ecuaciones 19 y 20 se muestra el cálculo respectivo en Excel para determinar los valores mencionados.

**Ecuación 19**

$$VAN = VNA(\text{Tasa de descuento}; \sum \text{Flujo final}) - \text{Inversión inicial}$$

**Ecuación 20**

$$TIR = TIR (\sum \text{Flujo inicial} - \text{Inversión inicial})$$

En la Tabla 9 se muestran los valores obtenidos del VAN y TIR. Se observa que para cada ruta los valores son negativos y ello impli-

ca que, de acuerdo a la proyección financiera realizada, el proyecto no es rentable económicamente en los diez años propuestos.

**Tabla 9.** Valores del VAN y TIR para cada una de las rutas

Indicador	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	Ruta 4	Ruta 5
Valor Actual Neto (VAN)	\$-328 967.67	\$-392 729.89	\$-368 202.42	\$-329 970.99	\$-342 561.66
Tasa Interna de Retorno (TIR)	-5.64 %	-9.35 %	-7.80 %	-5.53 %	-6.27 %
Tasa de descuento	11.25 %				

Nota: elaboración propia.

## Análisis y Resultados

Después de aplicar cada uno de los pasos y herramientas metodológicas detalladas en el apartado anterior, se presentan los resultados más relevantes asociados al análisis de la factibilidad económica del proyecto para implementar un bus eléctrico urbano que circule en la ciudad de Cuenca, Ecuador.

El valor recaudado mediante el cobro de pasajes y publicidad en el primer año será

de \$ 89 961 dólares y para el año diez será de \$ 122 006 dólares, esto incluye la cantidad de pasajeros potenciales promedio anual que utilizarán el servicio de transporte y las ofertas de publicidad. Con ello se cumple con el objetivo de análisis de ingresos.

Los valores correspondientes al mantenimiento de la unidad, repuestos, pago de choferes, permisos de circulación, pago de intereses por el préstamo y consumo de energía eléctrica para el primer año será

de \$ 88 637 dólares y para el año diez de \$ 101 067 dólares. Con ello se cumple con el objetivo de análisis de egresos.

El flujo final para el primer año, considerando valores del ingreso y egreso, será de \$ 1 324 dólares y para el año diez, en el que se considera la depreciación del bus eléctrico, será de \$ 175 454 dólares. Con dichos valores se determinó la factibilidad financiera del proyecto.

El objetivo general del proyecto fue determinar la factibilidad económica de implementación de un bus eléctrico de servicio urbano en la ciudad de Cuenca, por lo que los valores obtenidos del VAN y TIR son negativos y elevados (Tabla 9) con relación a la inversión inicial y a la tasa de descuento. Por

lo tanto, el proyecto no es viable económicamente para llevar a cabo el negocio.

### **Simulación para establecer un punto de equilibrio mediante el valor del pasaje**

El valor del pasaje del bus urbano, establecido en el cantón Cuenca, es de \$ 0.31 dólares, ello significa que financieramente el proyecto no es rentable. Por lo tanto, se realiza una simulación para establecer el valor del pasaje mínimo para que financieramente el proyecto sea factible. En la Tabla 10 se indica el valor del pasaje con el cual cada una de las rutas pueda ser operable.

**Tabla 10.** Valor del pasaje para cada ruta.

Indicador	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	Ruta 4	Ruta 5
Valor pasaje	\$ 0.51	\$ 0.57	\$ 0.54	\$ 0.50	\$ 0.51
VAN	\$ 14 462.05	\$ 10 953.34	\$ 14 065.61	\$ 6 764.63	\$ 3 083.07
TIR	11.92 %	11.75 %	11.89 %	11.56 %	11.39 %
Tasa de descuento	11.25 %				

Nota: elaboración propia.

### **Simulación para establecer un punto de equilibrio mediante la cantidad de pasajeros**

Los ingresos dentro del análisis financiero dependen principalmente de la cantidad de pasajeros que se puedan tener en cada ruta. Para llegar a un punto de equilibrio en el que cada ruta sea financieramente factible se indica en la Tabla 11 la cantidad mínima de pasajeros vehículo por kilómetro que debe tener cada ruta con el valor de pasaje de \$ 0.31 dólares.

Para la factibilidad del proyecto es necesario establecer un costo del pasaje entre \$ 0.51 a \$ 0.57 dólares, con un promedio de 4.2 personas vehículo por kilómetro, lo cual implicaría un aumento del pasaje entre el 65 % y 83 %. En el caso de mantener el pre-

cio del pasaje a \$ 0.31 dólares es necesario aumentar la cantidad de pasajeros vehículo por kilómetro para cada una de las rutas (4.2 vehículo pasajero por kilómetro) a 6.7-7.6 vehículo pasajero por kilómetro, efectuando un aumento de pasajeros entre el 60 % y 81 %.

Los mantenimientos obligatorios por la casa fabricante, según el kilometraje de la unidad, no pueden disminuir sus valores debido a las condiciones de pagos de mano de obra, insumos y repuestos, ya que están sujetos a condiciones e impuestos del Estado.

Es necesario establecer una política de Estado fuerte para la implementación de buses eléctricos en las ciudades. Sin apoyo del Estado y trabajando de forma privada para generar el servicio financieramente no es factible la implementación.

**Tabla II.** Cantidad de pasajeros

Indicador	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	Ruta 4	Ruta 5
Pasajeros veh/km	6.81	7.64	7.21	6.73	6.9
Pasajeros veh/km único	5.18	5.81	5.48	5.11	5.24
Pasajeros veh/km diferenciado	1.63	1.83	1.73	1.62	1.66
Cantidad pasajeros por día único	10 89.98	10 59.67	1 070.49	1 065.52	1 065.27
Cantidad pasajeros por día diferenciado	344.20	334.63	338.05	336.48	336.40
Cantidad pasajeros diarios	1434.19	1 394.30	1 408.55	1 401.99	1 401.67
Cantidad pasajeros único por año	392 393.29	38 1480.48	385 378.08	383 585.45	383 495.82
Cantidad pasajeros diferenciado por año	123 913.67	120 467.52	121 698.34	121 132.25	121 103.94
Cantidad pasajeros anuales	516 306.96	501 948.00	507 076.42	504 717.70	504 599.76
Indicador					
VAN	\$ 895.65	\$ 543.18	\$ 90.14	\$ 31.84	\$ 897.10
TIR	11.29 %	11.27 %	11.25 %	11.25 %	11.29 %
Tasa de descuento	11.25 %				

Nota: elaboración propia.

## Discusión y Conclusiones

De acuerdo con Noel y McCormack (2014) no es factible económicamente la implementación de un bus escolar eléctrico en relación a un bus con motor Diesel, por lo tanto, coincide con lo determinado en este estudio y uno de los factores importantes es el costo de la unidad y de la energía, debido a ello el cambio de modo de transporte es más costoso.

Los parámetros analizados como la ciudad para implementar el sistema, las características de las rutas, el costo de inversión y los valores de operación son determinantes para considerar la factibilidad de implementación el servicio, tal como lo indica Vilppo y Markkula (2015) y, por lo tanto, debe existir una planificación cuidadosa para realizar la propuesta.

Los valores obtenidos del TIR y del VAN permitieron determinar que no es factible la implementación de un bus eléctrico para servicio de transporte urbano en la ciudad de Cuenca. De acuerdo con Topal y Nakir (2018), en su análisis de inversión y rentabilidad, es posible considerar la implementación a futuro debido a que pueden variar los costos de consumo de energía, el valor de la unidad o existir apoyo del Estado.

Entre las causas esenciales que llevaron este resultado negativo se pueden plantear las siguientes:

- El costo del bus eléctrico en el Ecuador es elevado. Las condiciones para emprender el proyecto deberían ser ofrecidas por el Estado como, por ejemplo, apoyar al ingreso de los buses a menor costo, ensamblar los buses en el país o

entregarlos a los gobiernos municipales por parte del Estado en carácter donación y así disminuir el costo de inversión.

- El valor del pasaje debe ser considerado para mantener operables las unidades y debe ser el transporte público operado por los GADs Municipales y no de forma privada, eso lleva a que el sistema de buses eléctricos no sea factible.
- Considerar en la implementación del transporte público busetas o vehículos de menor tamaño y de menor costo para que el proyecto sea factible.
- Determinar otras rutas para la operación del bus eléctrico en las que se pueda servir a más gente y con menor recorrido.
- Determinar una tarifa eléctrica diferenciada para los buses eléctricos, con ello se puede disminuir el costo por energía.

## Referencias

- Alvear Muevecela, W.L. (2019). *Diseño del sistema eléctrico en baja tensión para estaciones de carga de autobuses eléctricos* [Tesis de Grado, Universidad de Cuenca]. <https://bit.ly/3IQlyZh>
- Astudillo, G. (25 de julio de 2018). La tarifa del bus subirá en Cuenca. *El Comercio*. <https://bit.ly/35kJM03>
- Banco Mundial. (8 de mayo de 2021). *Inflación, precios al consumidor (% anual) - Ecuador*. <https://bit.ly/3iMXj3l>
- Carteni, A., Henke, I., Moliterno, C. y Di Francesco, L. (2020). Strong sustainability in public transport policies: An e-mobility bus fleet application in Sorrento Peninsula (Italy). *Sustainability*, 12(17), 7033. <https://doi.org/10.3390/su12177033>
- Corporación Financiera Nacional (CFN). (6 de mayo de 2019). *La movilidad eléctrica arranca en Ecuador*. <https://bit.ly/3NwqHcM>
- Cueva Ruiz, G. (2019). *Análisis de factibilidad de implementación de buses 100 % eléctricos para impulsar la movilidad sostenible en el sistema de transporte urbano del Distrito Metropolitano de Quito* [Tesis de Grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <https://bit.ly/3IJMoT3>
- Dyr, T., Ziótkowska, K., Misiurski, P. y Kozłowska, M. (2018). Effectiveness of application alternative drive vehicles in public transport. *MATEC Web of Conferences*, 180. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201818001002>
- González, L. G., Cordero-Moreno, D. y Espinoza, J.L. (2021). Public transportation with electric traction: Experiences and challenges in an Andean city. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 141, 110768. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110768>
- Grütter, J. (2015). *Rendimiento real de buses híbridos y eléctricos* [Archivo PDF]. <https://bit.ly/3uBWEaH>
- Guglielmetti, F. (6 de mayo de 2021). *¿La tarifa eléctrica es un freno para la adopción de vehículos eléctricos en Ecuador?* Portal Movilidad. <https://bit.ly/3NrFHIV>
- Ilustre Municipalidad de Cuenca (IMC). (2015). *Plan de movilidad y espacios públicos. Plan de movilidad de Cuenca 2015-2025* [Archivo PDF]. <https://bit.ly/3wLn5xk>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2018). *Resultados. Índice de precios al consumidor (IPC)* [Archivo PDF]. <https://bit.ly/36TYyLJ>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (8 de mayo de 2021). *Proyección cantonal total 2010-2020*. <https://bit.ly/3tOW2iU>
- Jarrín, R. y Mena, J. (2019). *Investigación de los procesos de mantenimiento preventivo de vehículos articulados en Ecuador mediante el análisis comparativo de la programación y ejecución de las rutinas de mantenimiento del bus eléctrico (K11A) BYD con su similar de motor de combustión interna* [Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica del Ejército]. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/20730>
- Malnaca, K. y Yatskiv, I. (2019). Impact of critical variables on economic viability of converted diesel city bus into electric bus. En: Nathaniel, E., Karakikes, I. (eds) *Data Analytics: Paving the Way to Sustainable Urban Mobility*.



- CSUM 2018. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Cham. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-02305-8\\_102](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-02305-8_102)
- Ministerio del Trabajo. (2020). *Sueldos, salarios mínimos sectoriales y tarifas para el sector privado por ramas de actividad, que abarcan las diferentes comisiones sectoriales* [Archivo PDF]. <https://bit.ly/3qLXYm>
- Moyano, R. (2019). *Análisis comparativo entre la flota actual de las unidades a diésel de la 'Ecovía' ruta estación Río Coca- Playón la Marín versus una flota de transporte de vehículos eléctricos para uso en transporte público* [Tesis de Grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/16267>
- Noel, L. y McCormack, R. (2014). A cost benefit analysis of a V2G-capable electric school bus compared to a traditional diesel school bus. *Applied Energy*, 126, 246-255. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.04.009>
- Orozco, M. (20 de abril de 2021). Los pasajes de buses inter e intraprovinciales subirán un 15 %, transportistas ofrecen retomar servicio. *El Comercio*. <https://bit.ly/3uDobZt>
- Pesantez, K. (8 de noviembre de 2019). José Silva, el transportista que fue seducido por los vehículos eléctricos. *Primicias*. <https://bit.ly/3DjtVLQ>
- Ramírez, C., García, M. y Pantoja, C. (2010). *Fundamentos y técnicas de costos*. (1ra ed.). Universidad Libre.
- Redacción Primicias. (5 de febrero de 2021). Ecuador cierra enero con una inflación anual de -1.04 %. *Primicias*. <https://bit.ly/3uCbJcy>
- Shirazi, Y., Carr, E. y Knapp, L. (2015). A cost-benefit analysis of alternatively fueled buses with special considerations for V2G technology. *Energy Policy*, 87, 591-603. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.09.038>
- Topal, O. y Nakir, I. (2018). Total cost of ownership based economic analysis of diesel, CNG and electric bus concepts for the public transport in Istanbul city. *Energies*, 11(9), 2369. <https://doi.org/10.3390/en11092369>
- Vilppo, O., y Markkula, J. (2015). Feasibility of Electric Buses in Public Transport. *World Electric Vehicle Journal*, 7(3), 357-365. <https://doi.org/10.3390/wevj7030357>