



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
AUTOMOTRIZ

Estimación de la demanda energética de bicicletas eléctricas para su uso en instituciones públicas y privadas de la ciudad de Cuenca.

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Autor

Pillco Ramón Pedro Ismael

Director

Ing. Iván Mendoza Vázquez PhD.

CUENCA – ECUADOR

2023

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de grado toda mi familia que de manera incondicional estuvieron a mi lado apoyándome, alentándome y de una u otra manera aportando con su granito de arena para que pudiese alcanzar mi objetivo final. La presencia de cada uno de ustedes ha sido un factor determinante en el trayecto de mi vida universitaria para conseguir tan anhelado logro y culminar con gran esfuerzo esta etapa académica.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar quiero agradecer a Dios por guiarme cada día en este camino, que a pesar de muchos obstáculos nunca me dejó desfaceller.

Quiero agradecer de manera muy especial a mis padres que a pesar de todo estuvieron conmigo incondicionalmente siempre apoyándome, alentándome y soportándome en todo este trayecto académico, quiero decirles que este logro no hubiese sido posible sin ustedes.

Quiero agradecer a todos mis hermanos que siempre estuvieron ahí para apoyarme, que a pesar de todos los conflictos que tuvimos que pasar, nunca dejaron de estar ahí para brindarme su apoyo incondicional.

Quiero agradecer a todas aquellas personas que siempre estuvieron en mi vida de igual manera ayudándome y alentándome y en especial agradecimiento a una persona muy importante que llegó a mi vida la cual contribuyó de gran manera a que esto llegase a ser posible.

A mi tutor de tesis agradecerle por el acompañamiento incondicional que, a pesar de la manera acelerada con la cual se llevó este proceso, siempre me brindó el apoyo en cada etapa de este maravilloso proyecto. Asimismo, agradezco al Ing. Mateo Coello, quien indudablemente con ayuda y exigencia en todo este proceso, desde que fue mi profesor de termodinámica hasta hoy con este proyecto el cual fui parte, ayudó en gran parte para culminar con mi preparación académica.

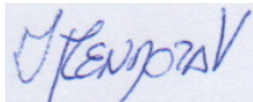
Y, por último, pero no menos importante un agradecimiento especial a todas las personas que fueron parte de este camino, profesores, compañeros y personal administrativo.

Estimación de la demanda energética de bicicletas eléctricas para su uso en instituciones públicas y privadas de la ciudad de Cuenca.

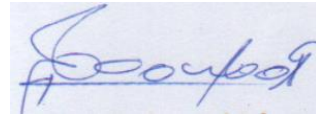
RESUMEN

Este estudio presenta la estimación de la demanda energética promedio, en términos de autonomía (kWh/km), que produce la bicicleta eléctrica en su uso por funcionarios de instituciones públicas y privadas, para posterior, realizar una comparativa con vehículos a combustión. Se emplea una metodología cuantitativa, utilizando datos de kilómetros recorridos y de consumo energético, obtenidos por medio de un dispositivo de medición de consumo eléctrico cada vez que se cargue la bicicleta a su máxima capacidad. Se utilizaron 12 bicicletas eléctricas divididas en 2 grupos diferenciados por su peso, 21 kg y 23 kg. La demanda energética obtenida es 0.0113 ± 0.00042 kWh/km y 0.0133 ± 0.00031 kWh/km, respectivamente. Concluyendo que en valor obtenido es mucho menor a lo producido por un vehículo de combustión que, según la literatura la bicicleta eléctrica representa un consumo 45 veces menor que el transporte público y 200 veces menor que el vehículo privado, aproximadamente.

Palabras Claves— *Bicicleta eléctrica. Demanda energética. Factor de emisiones. Movilidad sostenible. Autonomía.*



Ing. Iván Mendoza Vázquez PhD.
Director del trabajo de titulación



Ing. Robert Rockwood Iglesias Msc.
Coordinador de escuela



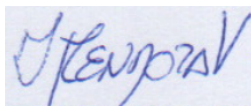
Pillco Ramón Pedro Ismael
Autor

Estimation of the energy demand of electric bicycles for use in public and private institutions in the city of Cuenca.

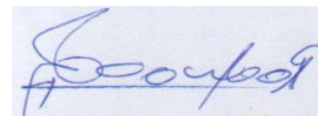
ABSTRACT

This study presents the estimation of the average energy demand, in terms of autonomy (kWh/km), produced by the electric bicycle in its use by officials of public and private institutions, to later make a comparison with combustion vehicles. A quantitative methodology is used using data on kilometers traveled and energy consumption, obtained using a device for measuring electrical consumption each time the bicycle is charged to its maximum capacity. 12 electric bicycles were divided into 2 groups differentiated by their weight, 21 kg, and 23 kg, were used. The energy demand obtained is 0.0113 ± 0.00042 kWh/km and 0.0133 ± 0.00031 kWh/km, respectively. In conclusion, the value obtained is much lower than that produced by a combustion vehicle which, according to the literature, the electric bicycle represents a consumption of 45 times less than public transport and 200 times less than the private vehicle, approximately.

Keywords— Electric bicycle. Energy demand. Emissions factor. Sustainable mobility. Autonomy.



Ing. Iván Mendoza Vázquez PhD.
Thesis Director



Ing. Robert Rockwood Iglesias Msc.
School Director

Translated by



Pillco Ramón Pedro Ismael
Author



Índice

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
Resumen	iv
Abstract	v
I. Introducción.....	2
II. Materiales y métodos.....	3
A. Selección de participantes.....	3
B. Procesamiento de información.....	3
C. Estimación del consumo energético.....	3
D. Estimación del factor de emisiones.....	3
III. Resultados.....	4
i. Demanda energética.....	4
ii. Factor de emisiones de CO ₂	4
IV. Discusión.....	4
V. Conclusiones y recomendaciones.....	5
a. Conclusiones.....	5
b. Recomendaciones.....	6
VI. Referencias.....	6
Anexos.....	7

Estimación de la demanda energética de bicicletas eléctricas para su uso en instituciones públicas y privadas de la ciudad de Cuenca.

Pedro Pillco Ramón

Facultad de Ciencia y Tecnología
Ingeniería Mecánica Automotriz
Universidad del Azuay
Cuenca, Ecuador
ismael.pillco97@es.uazuay.edu.ec

Iván Mendoza Vázquez

Facultad de Ciencia y Tecnología
Ingeniería Mecánica Automotriz
Universidad del Azuay
Cuenca, Ecuador
imendoza@uazuay.edu.ec

Mateo Coello Salcedo

Facultad de Ciencia y Tecnología
Ingeniería Mecánica Automotriz
Universidad del Azuay
Cuenca, Ecuador
mfcoello@uazuay.edu.ec

Resumen— Este estudio presenta la estimación de la demanda energética promedio, en términos de autonomía (kWh/km), que produce la bicicleta eléctrica en su uso por funcionarios de instituciones públicas y privadas, para posterior, realizar una comparativa con vehículos a combustión. Se emplea una metodología cuantitativa, utilizando datos de kilómetros recorridos y de consumo energético, obtenidos por medio de un dispositivo de medición de consumo eléctrico cada vez que se cargue la bicicleta a su máxima capacidad. Se utilizaron 12 bicicletas eléctricas divididas en 2 grupos diferenciados por su peso, 21 kg y 23 kg. La demanda energética obtenida es 0.0113 ± 0.00042 kWh/km y 0.0133 ± 0.00031 kWh/km, respectivamente. Concluyendo que en valor obtenido es mucho menor a lo producido por un vehículo de combustión que, según la literatura la bicicleta eléctrica representa un consumo 45 veces menor que el transporte público y 200 veces menor que el vehículo privado, aproximadamente.

Palabras Claves— Bicicleta eléctrica. Demanda energética. Factor de emisiones. Movilidad sostenible. Autonomía.

Abstract – T This study presents the estimation of the average energy demand, in terms of autonomy (kWh/km), produced by the electric bicycle in its use by officials of public and private institutions, to later make a comparison with combustion vehicles. A quantitative methodology is used, using data on kilometers traveled and energy consumption, obtained using a device for measuring electrical consumption each time the bicycle is charged to its maximum capacity. 12 electric bicycles were divided into 2 groups differentiated by their weight, 21 kg, and 23 kg, were used. The energy demand obtained is 0.0113 ± 0.00042 kWh/km and 0.0133 ± 0.00031 kWh/km, respectively. In conclusion, the value obtained is much lower than that produced by a combustion vehicle

which, according to the literature, the electric bicycle represents a consumption of 45 times less than public transport and 200 times less than the private vehicle, approximately.

Keywords— Electric bicycle. Energy demand. Emissions factor. Sustainable mobility. Autonomy.

I. INTRODUCCIÓN

El campo automotor crece día a día a nivel mundial debido al incremento exhaustivo de la población y con esto atrae un aumento de la demanda energética fósil y en las emisiones de gases de efecto invernadero, el transporte privado ha tomado mayor relevancia como medio de transporte preponderante en casi todos los países del mundo [1] Kumar, P. G et al. (2020) menciona que a nivel local no es la excepción, la utilización del vehículo privado como principal medio de transporte de funcionarios de instituciones públicas y privadas de la ciudad, representa una problemática importante en cuanto al consumo energético fósil y al incremento de emisiones de gases de efecto invernadero, por ello, mediante el Plan piloto de Electromovilidad de Cuenca que nace a partir de la iniciativa Transformative Urban Mobility Initiative (TUMI) que, a través de la Cooperación Alemana para el Desarrollo Sostenible (GIZ) y la Universidad del Azuay busca evidenciar, con el presente estudio, el potencial de bicicleta eléctrica que aparece como alternativa de transporte sostenible, con el afán de reemplazar los viajes en vehículo

privado (E-Cuenca, 2023) [2], siendo estas más eficientes en distancias cortas recorridas, utilizando menor cantidad de energía y por ende generando un factor de emisiones de gases contaminantes más bajo. Por esto, a nivel mundial varios países incitan a la movilidad sostenible, poniendo a la bicicleta eléctrica como su principal representante (Delgadillo, 2018) [3]. Bajo este escenario, a nivel global se desarrollan diversos estudios para determinar el impacto del consumo energético, en términos de autonomía, que tendría el uso de la bicicleta eléctrica.

Existen diversos métodos que se plantean en la literatura para obtener el consumo energético promedio en términos de autonomía, kWh/km, tanto en vehículos de combustión como en bicicletas eléctricas, en los que destacan las siguientes investigaciones:

Piña y Sisa (2021) [4] en la ciudad de Riobamba (Ecuador), se desarrolló un estudio teórico acerca de los parámetros que influyen en la demanda energética del transporte urbano, como resultado del estudio, se obtuvo que la demanda energética del transporte urbano varía entre 22 kWh y 37 kWh, considerando un escenario con variación en el número de pasajeros. Por otro lado, en la ciudad de Cuenca (Ecuador) en el año 2018, se evaluó el consumo energético en transporte público y privado, como resultado se obtuvo que el transporte público demanda un consumo energético de 0.546 kWh/km por cada pasajero y el transporte privado 2.243 kWh/km (Palacios y Sarmiento, 2018) [5].

Por otro lado, ya existen varios estudios donde se ha identificado factores de autonomía basados en algunos parámetros inherentes como la ubicación y tipo de bicicleta eléctrica. Como es el caso del Asian Development Bank en el año 2009, en su estudio realizado en la República Popular de China determinó la eficiencia energética de 2 bicicletas eléctricas de diferente tamaño y peso. En donde, utilizando baterías de iones de litio, obtuvieron un conjunto de datos mediante el desarrollo de un ciclo de conducción de la ciudad llegando así a determinar que la eficiencia promedio de la bicicleta eléctrica pequeña es de 13 Wh/km, mientras que la bicicleta mediana obtuvo un rendimiento de 16 Wh/km (Asian Development Bank, 2009) [6]. Por otro lado, el año 2014 en Múnich (Alemania) [7] Paul y Bogenberger (2014) realizaron un estudio en donde pretendían determinar la comparativa del rendimiento energético de una bicicleta eléctrica y un vehículo promedio, el autor a través de pruebas de campo, con rutas establecidas, determinó que la bicicleta eléctrica promedio consume alrededor de 1 kWh/100 km, mientras que, un vehículo promedio necesita alrededor de 5 litros de combustible en 100 km, lo que equivale a 50 kWh/100 km.

Este es el caso de Bucaramanga (Colombia) donde [8] Restrepo Klinge (2019) analizó la demanda energética de

las bicicletas eléctricas, y el estudio arrojó un factor de independencia energética de 0.0072 kWh/km. Asimismo, en Barcelona (España), se determinó el coeficiente de demanda energética de las bicicletas eléctricas, obteniendo un valor de 0.0059 kWh/km (Veliz Delgadillo, 2018, p.110) [9].

A nivel local, varias son las investigaciones que revelan estudios en diferentes campos.

En el año 2016, se investigó el potencial de la bicicleta eléctrica como una alternativa de movilidad en la ciudad de Cuenca. Los resultados de este estudio revelaron que la bicicleta eléctrica tiene un consumo promedio de 1.51 kWh/100 km (Ordoñez Luna, 2016) [10], consecuente a esto, [11] Arias y Serrano (2017), realizaron un estudio para evaluar la bicicleta eléctrica en la entrega de paquetería liviana, como resultado concluyen que el consumo energético promedio de la bicicleta eléctrica es de 7.95 W/km en bicicleta de fabricación nacional y 10.28 W/km en bicicleta importada.

Así mismo, en el año 2022, en un estudio se evaluó el consumo energético específico de la bicicleta pública de la ciudad de Cuenca, como resultado se obtuvo que la bicicleta pública eléctrica necesita 0.0374 kWh para recorrer una distancia de 5.2 km (Chalco, 2022) [12] y, finalmente, [13] Iñiguez et al. (2023) evaluaron la eficiencia energética de una bicicleta eléctrica urbana cargada con una estación de carga solar fotovoltaica autónoma en la ciudad de Cuenca, concluyendo que, la bicicleta eléctrica utilizada en este estudio, alcanza un rendimiento energético de 2.18 kWh por cada 100 millas recorridas.

Con este contexto, se puede decir que en la ciudad de Cuenca no se han realizado estudios para determinar la demanda energética promedio que tendría el uso de la bicicleta eléctrica en instituciones públicas y privadas, creando así otro campo de análisis en comparación a los trabajos ya realizados, enfocándose principalmente en la demanda energética de la bicicleta eléctrica con el afán de realizar una comparativa con la demanda energética de los vehículos privados que regularmente funcionarios de diferentes instituciones, tanto públicas como privadas, utilizan como principal medio de transporte en viajes cortos dentro de la urbe de la ciudad. Tampoco se ha desarrollado un análisis del factor de emisiones de CO₂ que produce el uso de las mismas. Por esta razón, esta investigación tiene como objetivo estimar dicha demanda energética requerida por la bicicleta eléctrica y el factor de emisiones producido.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Selección de participantes

Se seleccionó un grupo minoritario de 12 personas, sin importar edad o sexo, de diversas instituciones públicas y privadas de la ciudad, esto con el afán de asignar una bicicleta a cada participante. De este grupo seleccionado con anterioridad, se realiza otra selección de 4 personas divididas en 2 grupos: 2 participantes que utilice la bicicleta mediana de 21 kg de peso y 2 con la bicicleta grande de 23 kg de peso, todo esto con la intención de que realicen sus respectivos recorridos para la recolección de datos necesarios. Obtención de información de viajes

Los datos que se utilizarán para el análisis son obtenidos mediante un dispositivo de medición de consumo de energía llamado vatímetro, como se indica en la figura 1 [14]. Dichos datos se obtienen al momento de completar una carga máxima de la batería de la bicicleta eléctrica después de ser utilizada, como se indica en el Anexo 1, acompañado con el registro del kilometraje recorrido, entre carga y carga, obtenido mediante el odómetro de la bicicleta, como se indica en el Anexo 2.



Figura 1. Vatímetro.

B. Procesamiento de información

Con diversos datos obtenidos, se procede a ordenar y procesar dichos datos como se indica en la tabla 1, de tal forma, que permita identificar el número viajes claramente establecidos por el número de cargas realizadas, así también nos permite ordenar de forma consecuente los kilómetros recorridos entre carga y carga.

TABLA I: Datos obtenidos, bicicleta #1

Bicicleta #1			
Odómetro	km recorridos	Energía consumida	Tiempo de carga
[km]	[km]	[kWh/km]	[h]
951		0.136	2.55
970	19	0.266	4.44

989	19	0.259	4.34
1002	13	0.179	3.3
1012	10	0.142	2.32
1027	15	0.215	3.52
1046	19	0.268	4.41
1074	28	0.382	6.31
1100	26	0.364	6.03
1117	17	0.246	4.01
1130	13	0.194	3.22
1145	15	0.208	3.38
1168	23	0.326	5.36
1189	21	0.312	5.12
1208	19	0.264	4.38
1224	16	0.249	4.09
1249	25	0.369	6.12
1268	19	0.261	4.34
1291	23	0.321	5.29
1313	22	0.306	5.11
1332	19	0.257	4.26

C. Estimación del consumo energético

En este estudio el factor de demanda energética se estimará en términos de autonomía, kWh/km. Con los datos ya obtenidos y ordenados, se elabora una matriz, para posterior, obtener la media aritmética de la base de datos de cada bicicleta eléctrica, ayudando así a calcular el valor promedio de la demanda energética de los 2 grupos de bicicletas ya clasificados con anterioridad.

D. Estimación del factor de emisiones

El factor de emisiones generado por la bicicleta eléctrica proviene directamente de la red eléctrica, con ello, en este estudio dicho factor se obtendrá con el valor obtenido de la demanda energética y con un factor de emisión que, según la Comisión Técnica de determinación de Factores de Emisión de Gases de efecto invernadero, el factor de emisión de CO₂ del sistema nacional interconectado de Ecuador, para termoelectrica o hidroeléctrica, es de 0.2449 kg CO₂/kWh [15].

III. RESULTADOS

i. Demanda energética

Con los datos obtenidos de la bicicleta eléctrica #5 y #12, de 21 kg, y la bicicleta eléctrica #1 y #10 de 23 kg, como se indica en el Anexo 3 y 4 respectivamente, se consigue el valor de demanda energética en términos de autonomía, kWh/km, aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Demanda energética} = \frac{\text{energía cons. [kWh]}}{\text{km recorrido [km]}}$$

Llegando así a obtener el valor de demanda energética necesaria para el traslado de funcionarios de instituciones públicas y privadas, en distancias cortas, dentro de la urbe de Cuenca, como se muestra en la tabla II.

TABLA II: Demanda energética

E-BIKE	Promedio km recorridos diarios	Promedio energía consumida	Demanda energética promedio
	[km]	[kwh]	[kWh/km]
21 kg	20.136	0.2267	0.0113
23 kg	18.942	0.2522	0.0133

ii. Factor de emisiones de CO2

El factor de emisiones en este estudio se evalúa en término de kg de CO2 por cada kilómetro recorrido (kg CO2/km) y se obtiene aplicando la siguiente ecuación.

$$\text{Factor de emisiones} = \text{DE} * \text{FE}$$

En donde:

DE= demanda energética [kWh/km]

FE= factor de emisiones para termoeléctrica o hidroeléctrica [kg CO2/kWh] [15].

Llegando así a determinar que el factor de emisiones de CO2 producido por el uso de las bicicletas eléctricas, de este estudio, es de 0.0028 kg CO2/km, en la bicicleta eléctrica mediana, y 0.0033 kg CO2/km, en la bicicleta eléctrica grande.

IV. DISCUSIÓN

A través de la revisión de literatura, se obtienen los siguientes factores de autonomía energética kWh/km, presentes en la Tabla III.

TABLA III: Factores de demanda energética

Documento	Factor [kWh/km]	Descripción
Electric Bikes in the People's Republic of China: Impact		Estudio realizado en China con una e-bike pequeña

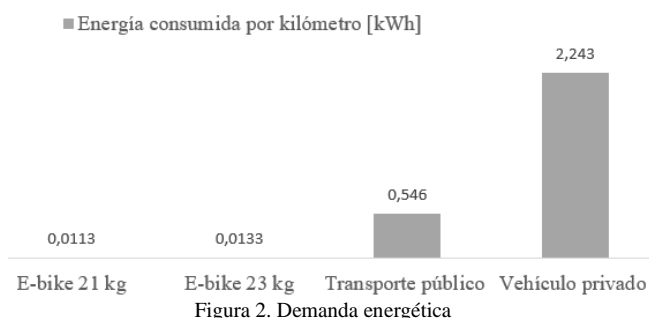
on the Environment and Prospects for Growth	0.013 y 0.016	y mediana respectivamente [6].
Modelado de estación de carga de baterías en bicicletas eléctricas	0.0072	Estudio realizado en Bucaramanga-Colombia [8].
Evaluación de una bicicleta eléctrica como una alternativa de movilidad en la ciudad de Cuenca.	0.0151	Estudio realizado en Cuenca-Ecuador [10].
Evaluación de la bicicleta eléctrica para entrega de documentos y paquetería liviana en la ciudad de Cuenca	0.00795 y 0.01028	Estudio realizado en la ciudad de Cuenca-Ecuador un una bicicleta eléctrica de fabricación nacional y una importada respectivamente [11].
Estimación de la demanda energética en el sistema de bicicleta pública de la ciudad de Cuenca, para las estaciones: Terminal Terrestre, Parque Paraíso, Nueve de Octubre, María Auxiliadora y Santo Domingo.	0.00719	Estudio realizado en la ciudad de Cuenca-Ecuador [12].

Con estos valores obtenidos de la literatura, se puede observar que los valores obtenidos en este estudio, se

asemejan a los ya obtenidos en estudios previos realizados tanto a nivel local, nacional e internacional.

Por otro lado, tomando como referencia los valores de autonomía de 0.546 kWh/km y 2.243 kWh/km del transporte público y privado respectivamente, obtenidos del estudio realizado en el año 2018 en la ciudad de Cuenca [5], se puede evidenciar que la demanda energética requerida por la bicicleta eléctrica es en promedio 45 veces menor que el transporte público (buses) y 200 veces menor que el transporte privado como se indica en la figura 2.

Energía necesaria para recorrer un kilómetro



Revisando la literatura también, se obtiene los siguientes factores de emisiones de CO₂ provenientes de diferentes vehículos tanto en transporte público como privado: en el estudio realizado en la ciudad de Loja (Ecuador) se determina el factor de emisiones de los buses urbanos teniendo como resultado un factor de emisiones de 1.092 kg CO₂/km [16]. Por otro lado, en la ciudad de Azogues (Ecuador), se realizó un estudio para estimar un inventario de emisiones de fuentes móviles terrestres, teniendo como resultados un factor de 4.4 kg CO₂/km [17].

A nivel local se realizó un estudio para determinar el factor de emisiones en taxis con cilindrada 1400cc y 1600cc, bajo parámetros de conducción normal y utilizando el modelo IVE. Llegando así a determinar que, para los taxis con cilindrada 1400cc posee un factor de emisiones de 0.273 kg CO₂/km [18], mientras que para el caso de los taxis con cilindrada 1600cc posee un factor de emisiones de 0.3231 kg CO₂/km [19]. Todo esto en escenarios críticos de hora pico.

Con todos estos valores obtenidos, tanto en la literatura como en este estudio, se puede realizar una comparativa entre la bicicleta eléctrica y los vehículos de combustión interna, mostrando claramente que el uso de la bicicleta eléctrica resulta más favorable, en términos de emisiones, a comparación de los vehículos como se muestra en la figura 3. Con ello, el uso de las bicicletas eléctricas

representa una alternativa altamente favorable para reducir los niveles de emisiones de gases de efecto invernadero.

Factor de emisiones de CO₂

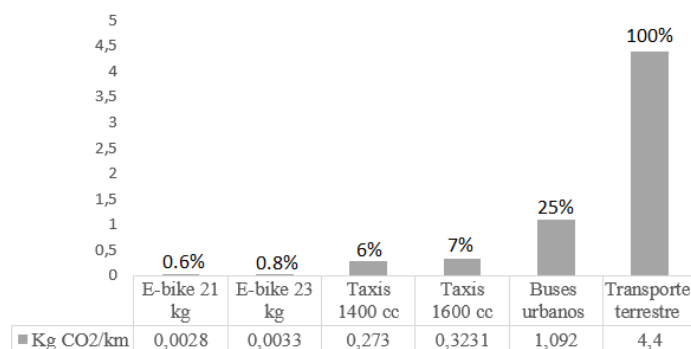


Figura 3. Factor de emisiones de CO₂

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

a. Conclusiones

Se determinó que la demanda energética de las bicicletas eléctricas, de 21 kg de peso y 23 kg de peso, son 0.0113 kWh/km y 0.0133 kWh/km, respectivamente.

Así también, se pudo obtener un factor de emisiones generadas por el uso de las bicicletas eléctricas los cuales son de 0.0028 kg CO₂/km, en la bicicleta eléctrica mediana, y 0.0033 kg CO₂/km, en la bicicleta eléctrica grande, respectivamente.

Con los valores obtenidos claramente se puede identificar que el peso es un factor determinante al momento de calcular el consumo energético y por ende el factor de emisiones de CO₂, siendo la bicicleta eléctrica de mayor peso la que más demanda energética necesita para su funcionamiento y la que mayor índice de emisiones representa a comparación de la de menor peso.

Al finalizar el estudio bibliográfico, se definió diversos factores de autonomía energética y de emisiones, los cuales nos ayudan a comparar las semejanzas que poseen las bicicletas eléctricas, entre si, en cuanto a su autonomía. Por otro lado, las bicicletas eléctricas poseen una ventaja muy por encima en comparación con los vehículos de combustión interna, en cuanto al factor de emisiones que genera y a su autonomía.

Este estudio de estimación de la demanda energética en el uso de bicicletas eléctricas en instituciones públicas y privadas, se considera que es el primer estudio que se realiza en la ciudad de Cuenca, esto con la finalidad de tener información que pueda contribuir a la adopción de la bicicleta eléctrica como medio de transporte sostenible con la finalidad de reemplazar el uso del vehículo privado como

medio principal de transporte de este grupo de personas. De ser el caso, es de suma importancia la implementación de normativas y políticas que promuevan el uso de este medio de transporte alternativo y eficiente.

b. Recomendaciones

Se recomienda determinar un factor de consumo energético, en términos de autonomía, local a través de ciclos de conducción y bajo múltiples parámetros geográficos y de funcionamiento de la bicicleta eléctrica.

Mediante un nuevo estudio realizar una nueva evaluación de la autonomía, de las bicicletas eléctricas ya utilizadas, aplicando otro método de evaluación con diferentes criterios.

Con trabajos de investigación adicionales, ampliar el campo de este estudio con más modelos de bicicletas eléctricas.

VI. REFERENCIAS

- [1] P. G. Kumar, P. Lekhana, M. Tejaswi, and S. Chandrakala. "Effects of vehicular emissions on the urban environment- a state of the art." *Mater. Today Proc.* vol. 45, pp. 6314–6320. 2020.
- [2] ecuena. (2023). Plan de electromovilidad de Cuenca. Cuenca: CITIES FORUM.
- [3] Delgadillo, C. V. (2018). Estudio de viabilidad de movilidad con bicicletas eléctricas (Doctoral dissertation, Tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Catalunya). Archivo digital. [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/126622/Estudio% 20de% 20viabilidad% 20de% 20la% 20movilidad% 20con% 20bicicletas% 20el% C3% A9ctricas% 20-% 20Memoria. pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/126622/Estudio%20de%20viabilidad%20de%20la%20movilidad%20con%20bicicletas%20el%C3%A9ctricas%20-%20Memoria.pdf).
- [4] R. Piña and J. Sisa, "Determinación de la demanda energética del sistema de transporte urbano en rutas establecidas previo a la implementación de buses eléctricos para la ciudad de Riobamba". Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador, 2021.
- [5] L. Palacios and C. Sarmiento, "Estimación del consumo energético específico de la movilidad en transporte público y privado, de centros de educación superior en el cantón Cuenca", Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador, 2018.
- [6] Asian Development Bank. (12 de junio de 2009). Electric Bikes in the People's Republic of China: Impact on the Environment and Prospects for Growth. Obtenido de <https://www.adb.org/publications/electric-bikes-peoples-republic-china-impact-environment-and-prospects-growth>
- [7] Paul, F., & Bogenberger, K. (2014). Evaluation-Method for a station based Urban-Pedelec Sharing System. Múnich: University of the Federal Armed Forces Munich.
- [8] S. Restrepo Klinge, "Modelado y simulación de una estación de carga de baterías para portabilidad energética en bicicletas eléctricas.," *Αγαη*, vol. 8, no. 5, p. 55, 2019.
- [9] C. Veliz Delgadillo, "Estudio de viabilidad de movilidad con bicicletas eléctricas.," p. 110, 2018.
- [10] Ordoñez Luna, S. J. (2016). Evaluación de una bicicleta eléctrica como alternativa de movilidad la ciudad de Cuenca. Cuenca: Universidad del Azuay.
- [11] Arias Rojas, A., & Serrano Guevara, O. (2017). Evaluación de la bicicleta eléctrica para entrega de documentos y paquetería liviana en la ciudad de Cuenca. Cuenca: Universidad del Azuay.
- [12] Coello Salcedo, M., & Chalco Orellana, A. (2022). Estimación de la demanda energética en el sistema de bicicleta pública de la ciudad de Cuenca, para las estaciones: Terminal Terrestre, Parque Paraíso, Nueve de Octubre, María Auxiliadora y Santo Domingo. Cuenca: Universidad del Azuay.
- [13] Iñiguez Morán, V., Villa Ávila, E., Ochoa Correa, D., Larco Barros, C., & Sempértegui Álvarez, R. (2023). Estudio de eficiencia energética de una. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- [14] Materialeslabora. (2019). Wattmetro. Materiales de Laboratorio. <https://materialeslaboratorio.com/wattmetro/>
- [15] CTFE, C. T. (2019). FACTOR DE EMISIÓN DE CO2 DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO DE ECUADOR INFORME 2019 . Quito: Comisión Técnica de determinación de Factores de Emisión de Gases de efecto invernadero.
- [16] Armijos Pineda, F. A., & Cueva Cueva, M. E. (2017). Determinación de los factores de emisión de los buses urbanos de la ciudad de Loja en la hora de mayor tráfico vehicular, mediante una metodología indirecta. Cuenca: Universidad del Azuay.
- [17] Peñafiel Urdiales, M. (2019). Estimación de un inventario de emisiones de fuentes móviles terrestres para la ciudad de Azogues aplicando el modelo internacional de emisiones vehiculares. Cuenca: Universidad del Azuay.
- [18] Quinde Medina, D. D. (2019). Estimación de emisiones de CO2 en taxis con cilindradas de 1400cc bajo parámetros de conducción normal en la ciudad de Cuenca, utilizando el modelo IVE. Cuenca : Universidad del Azuay.
- [19] Orellana Castro, A. D. (2019). Estimación de emisiones de CO2 en taxis con cilindradas de 1600cc bajo parámetros de conducción normal en la ciudad de Cuenca, utilizando el modelo IVE . Cuenca: Universidad del Azuay.

ANEXOS

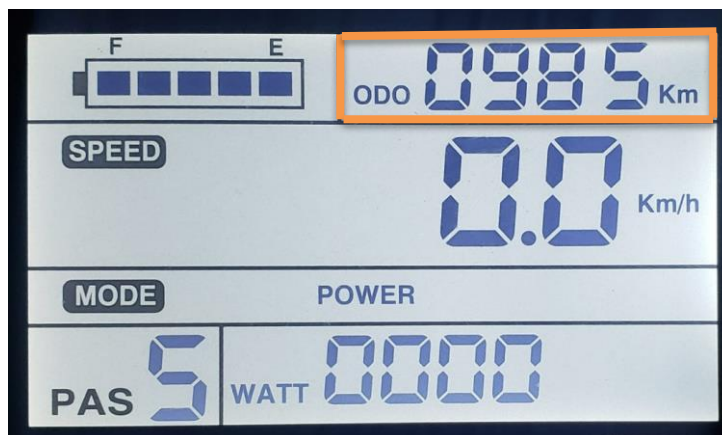
Anexo 1

Toma de datos, Vatímetro



Anexo 2

Toma de datos, Odómetro de la bicicleta



Anexo 3

Datos obtenidos de la bicicleta eléctrica mediana de 21 kg

Bicicleta eléctrica de 21 kg							
#5				#12			
Odómetro	km recorridos	Energía consumida	Tiempo de carga	Odómetro	km recorridos	Energía consumida	Tiempo de carga
[km]	[km]	[kWh]	[h]	[km]	[km]	[kWh]	[h]
666		0,345	5,54	852		0,271	4,46
695	29	0,311	5,26	866	14	0,19	3,33
724	29	0,224	4,16	895	29	0,31	5,16
743	19	0,215	4	919	24	0,306	4,56
766	23	0,247	4,17	939	20	0,212	3,52
774	8	0,086	2,02	960	21	0,222	4,07
789	15	0,161	2,43	985	25	0,303	5,02
809	20	0,214	3,52	998	13	0,159	2,47
832	23	0,247	4,22	1014	16	0,203	3,04
850	18	0,193	3,51	1039	25	0,315	5,24
871	21	0,225	4,18	1062	23	0,292	4,37
881	10	0,107	2,19	1082	20	0,249	4,09
907	26	0,279	5,18	1099	17	0,202	3,23
931	24	0,257	4,24	1112	13	0,159	2,47
951	20	0,215	4,03	1122	10	0,132	2,16
979	28	0,326	5,36	1141	19	0,225	4,02
994	15	0,170	3,12	1169	28	0,302	5,32
1004	10	0,107	2,09	1195	26	0,308	5,16
				1219	24	0,296	4,56

Anexo 4

Datos obtenidos de la bicicleta eléctrica grande de 23 kg

Bicicleta eléctrica de 23 kg							
#1				#10			
Odómetro	km recorridos	Energía consumida	Tiempo de carga	Odómetro	km recorridos	Energía consumida	Tiempo de carga
[km]	[km]	[kWh]	[h]	[km]	[km]	[kWh]	[h]
951		0,136	2,55	1262		0,117	3,39
970	19	0,266	4,44	1281	19	0,221	4,22
989	19	0,259	4,34	1298	17	0,211	4,03
1002	13	0,179	3,3	1321	23	0,295	5,03
1012	10	0,142	2,32	1347	26	0,31	5,16
1027	15	0,215	3,52	1362	15	0,171	3,19
1046	19	0,268	4,41	1387	25	0,319	6,01
1074	28	0,382	6,31	1397	10	0,119	2,19
1100	26	0,364	6,03	1415	18	0,213	4,06
1117	17	0,246	4,01	1430	15	0,211	4,06
1130	13	0,194	3,22	1452	22	0,284	5,16
1145	15	0,208	3,38	1472	20	0,254	4,58
1168	23	0,326	5,36	1491	19	0,227	4,34
1189	21	0,312	5,12	1509	18	0,214	4,09
1208	19	0,264	4,38	1522	13	0,168	3,09
1224	16	0,249	4,09	1540	18	0,216	4,02
1249	25	0,369	6,12	1556	16	0,225	4,06
1268	19	0,261	4,34	1580	24	0,301	5,58
1291	23	0,321	5,29	1601	21	0,272	5,09
1313	22	0,306	5,11				
1332	19	0,257	4,26				