

## **Modos de Transporte y su Efecto en el Consumo Energético: Un Estudio en la Comunidad Educativa**

### **Modes of Transport and their Effect on Energy Consumption: A Study in the Educational Community**

Daniel Alejandro Rodríguez Bonilla 1

#### **Resumen**

Este artículo presenta una estimación del consumo energético asociado a los modos de transporte empleados por la comunidad educativa del cantón Ibarra, con el objetivo de evaluar cómo estos patrones de movilidad afectan el consumo de energía. La investigación es de tipo aplicada y presenta un enfoque analítico y cuantitativo, basado en encuestas para determinar los patrones de movilidad y aplicar factores de consumo energético. Se recopilieron y analizaron datos sobre los principales modos de transporte, su frecuencia de uso y capacidad. Los resultados indican que el automóvil privado es el medio de transporte más prevalente, lo que contribuye a un mayor consumo energético y un aumento en las emisiones contaminantes debido a su baja tasa de ocupación. Los patrones de movilidad identificados subrayan la necesidad de implementar políticas de transporte sostenible, fomentando el uso del transporte público, recorrido escolar y alternativas no motorizadas como la bicicleta. Al contrastar estos hallazgos con estudios similares, se destacan oportunidades para mejorar la sostenibilidad mediante la adopción de modos de transporte más eficientes.

**Palabras claves:** Movilidad sostenible, Eficiencia energética, Factores de consumo, Modos de transporte, Comunidad educativa, GEI.

#### **Abstract**

This article presents an estimate of the energy consumption associated with the modes of transport used by the educational community of Ibarra city, with the aim of evaluating how these mobility patterns affect energy consumption. The research is of an applied type and presents an analytical and quantitative approach, based on surveys to determine mobility patterns and apply energy consumption factors. Data were collected and analyzed on the main modes of transport, their frequency of use and capacity. The results indicate that the private car is the most prevalent means of transport, which contributes to higher energy consumption and an increase in polluting emissions due to its low occupancy rate. The identified mobility patterns underline the need to implement sustainable transport policies, encouraging the use of public transport, school bus and non-motorized alternatives such as the bicycle. By contrasting these findings with similar studies, opportunities to improve sustainability by adopting more efficient modes of transport are highlighted.

**Keywords:** Sustainable mobility, Energy consumption, Consumption factors, Modes of transportation, Educational community, GEI

---

1 Ingeniero en Mantenimiento Automotriz / Magister en Administración de Empresas mención Competitividad y Gestión de la Calidad, Instituto Superior Tecnológico Proyecto 2000, daniel.rodriguez@proyecto2000.edu.ec, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0009-4608-723X>

## INTRODUCCIÓN

El sector del transporte es uno de los mayores consumidores de energía a nivel global. Por ejemplo, “En Colombia, se ha documentado que el transporte consume alrededor del 47 % del diésel y un 29 % de las gasolinas del país” (Castillo et al., 2019). Este consumo fomenta la dependencia de combustibles fósiles y está vinculado a la emisión de gases de efecto invernadero, subrayando la necesidad de estrategias para mejorar la eficiencia energética. “La investigación en este campo ayuda a establecer indicadores de desempeño para gestionar mejor los recursos” (Arias & Freire, 2023). La movilidad sostenible ofrece un marco clave para reducir la contaminación y optimizar el consumo energético.

Por lo tanto, “la implementación de políticas que fomentan el uso de transporte alternativos como público, bicicletas y caminatas puede ser crucial para reducir el consumo energético asociado a los desplazamientos diarios de la comunidad educativa” (Muentes et al., 2022). Además, “la integración de criterios bioclimáticos en la planificación urbana y el diseño de infraestructuras de transporte puede contribuir a la sostenibilidad del sistema de transporte” (Ríos et al., 2018). En este sentido, es esencial considerar que la evaluación del consumo energético no solo se limita a la cantidad de energía utilizada, sino que, también debe incluir el análisis de las emisiones de gases de efecto invernadero generados por los diferentes modos de transporte.

En línea con la investigación, varios estudios han demostrado que “el transporte masivo, puede ser más eficiente en términos de consumo energético y emisiones en comparación con el transporte particular” (Fernández & Obregón, 2022). “Se estima que el transporte público puede reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 45 % en comparación con el uso del automóvil privado, dependiendo de la eficiencia de los sistemas de transporte y la fuente de energía utilizada” (Muentes et al., 2022). Esto se debe a que el transporte público pueda mover a un mayor número de personas simultáneamente, lo que reduce el consumo energético por persona. Por lo tanto, la investigación en el cantón Ibarra debe considerar una comparación de los diferentes modos de transporte utilizados por la comunidad educativa, evaluando su impacto ambiental y su potencial para contribuir a la sostenibilidad energética.

En este contexto la estimación del consumo energético en función de los modos de transporte utilizados por la comunidad educativa es un tema de creciente relevancia, dado el impacto significativo que el transporte tiene en el consumo de energía y en las emisiones de gases de efecto invernadero. En este contexto, la comunidad educativa del cantón Ibarra, que incluye estudiantes, profesores y personal administrativo, representa un grupo considerable en términos de desplazamientos diarios. Por lo tanto, es fundamental investigar sus patrones de movilidad para identificar modos de transporte que puedan contribuir a la reducción del consumo energético y, por ende, a la mitigación del cambio climático. Este artículo no solo tiene el potencial de contribuir a la reducción del consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también puede servir como un modelo para otras comunidades que enfrentan desafíos similares en la gestión de su movilidad y consumo energético.

## **ENFOQUE METODOLÓGICO**

La metodología del estudio se basa en una investigación aplicada y de campo, se utilizó un enfoque cuantitativo, mediante la aplicación de encuestas a la comunidad educativa del cantón Ibarra. La elección de esta metodología se basó en la necesidad de obtener una base de datos numéricos concretos sobre la frecuencia de uso de los distintos modos de transporte, así como la distancia recorrida y la capacidad de los vehículos utilizados. Se diseñó encuestas estructuradas que permitieron identificar variables clave como el origen y destino de los desplazamientos expresado en kilómetros, los modos de transporte utilizados, y la frecuencia diaria de los viajes. Los datos fueron analizados mediante Excel para calcular el consumo energético estimado y las emisiones asociadas. Esta metodología es replicable, ya que las encuestas se basaron en un formato estándar utilizado en estudios de movilidad urbana.

### **Instrumento para el levantamiento de datos - Encuesta**

Se utilizó una encuesta como herramienta principal para la recolección de datos, dada su capacidad para proporcionar información precisa y detallada. La encuesta fue diseñada para estudiantes de diferentes instituciones educativas.

### **Parámetros de Diseño y Variables**

Las variables definidas para estimar el consumo energético y las emisiones de (GEI) fueron modo de transporte, la frecuencia de uso, la capacidad y el origen de los desplazamientos. Por otro lado, los modos de transporte se clasificaron en público (autobús), comercial (taxi, recorrido escolar), particular (automóviles, SUV, camionetas, motocicletas) y no motorizado (bicicleta, caminata).

### **Frecuencia y Capacidad**

La frecuencia se analizó para los trayectos de ida y retorno, incluyendo los días de uso. La capacidad se determinó para cada medio de transporte, excluyendo autobuses y medios no motorizados ya que se tomó como referencia a estudios previos sobre la tasa de ocupación de autobuses.

### **Origen de los Desplazamientos**

Se identificaron 37 sectores, tanto urbanos como rurales, utilizando Google Earth para medir distancias promedio desde cada sector a las unidades educativas. Adicional se consideraron tres sectores de la zona rural y cinco de otros cantones fueron considerados, y se especifica la distancia promedio en kilómetros desde cada uno de estos sectores hasta los cuatro establecimientos educativos.

### **Selección de la Muestra**

Se eligieron las instituciones educativas del hiper centro de Ibarra según su congestión vehicular y número de estudiantes. La muestra mínima para cada institución se calculó con un nivel de confianza del 95 %, obteniendo coeficientes de elevación específicos para cada unidad educativa.

**Tabla 1**  
*Población y muestra*

| Establecimiento    | Población Total | Nº Encuestados | Coef. de Ajuste |
|--------------------|-----------------|----------------|-----------------|
| UE-1 Publico       | 2 372           | 93             | 25.50           |
| UE-2 Particular    | 1 193           | 89             | 13.40           |
| UE-3 Particular    | 510             | 81             | 6.29            |
| UE-4 Fiscomisional | 532             | 82             | 6.48            |

De acuerdo con la Tabla 1, el estudio incluyó 345 encuestados. Las diferencias en los coeficientes de ajuste manifiestan cómo las muestras representan a sus poblaciones: los altos coeficientes en UE1 y UE2 indican una representación más completa y confiable, mientras que los coeficientes más bajos en UE3 y UE4 sugieren una representación más limitada. Esta adecuada representación es crucial para asegurar que las conclusiones sean válidas y aplicables a la población total.

### Enfoque Metodológico para Estimar el Consumo Energético

El consumo energético en el transporte se refiere a la cantidad de energía utilizada para mover personas y mercancías de un lugar a otro. En esta sección, se describe la metodología empleada para calcular el consumo energético asociado a los modos de transporte utilizados por la comunidad educativa del cantón Ibarra. Se aplican factores de consumo de combustible específicos para cada tipo de vehículo, expresados en Joules (J), y se aplican fórmulas para estimar el consumo energético total.

### Factores de Consumo y Tasa de ocupación

Se recopila información local sobre patrones de movilidad. Según Rodríguez (2021), “los factores de consumo promedio por tipo de transporte deben expresarse en mega Joules por kilómetro (MJ/km) y en litros por kilómetro (L/km)”. Además, se establece la tasa de ocupación de los medios de transporte, destacando las variaciones en la capacidad según el número de usuarios por vehículo.

**Tabla 2**  
*Factores de referencia*

| Nº | Medio de Transporte          | Categoría                   | Consumo (MJ/km) | Rendimiento (L/km) | Tasa de Ocupación (Us/veh) |
|----|------------------------------|-----------------------------|-----------------|--------------------|----------------------------|
| 1  | Autobús urbano               | Público                     | 19,52           | 0,52               | 35                         |
| 2  | Autobús Inter cantonal       | Público                     | 14,70           | 0,39               | 35                         |
| 3  | Taxi                         | Comercial                   | 3,09            | 0,09               | 2,18                       |
| 4  | Autobús de recorrido escolar | Comercial (17-28) pasajeros | 7,06            | 0,21               | 22,5                       |
| 5  | Automóvil                    | Particular sedan            | 2,74            | 0,081              | 2,24                       |
| 6  | Automóvil                    | Particular SUV/Todoterreno  | 3,51            | 0,10               | 2,24                       |
| 7  | Automóvil                    | Particular pick up          | 4,47            | 0,13               | 2,24                       |
| 8  | Motocicleta                  | Particular dos ruedas.      | 1,87            | 0,05               | 2                          |
| 9  | Caminata                     | No motorizado               | 0,21            | -                  | 1                          |

*Fuente: (Álvarez, 2018)*

La Tabla 2 resume el consumo energético, la tasa de ocupación y el rendimiento de cada medio de transporte, destacando que los autobuses urbanos e interprovinciales tienen la mayor capacidad, con 35 usuarios por vehículo, lo que refleja su eficiencia en el transporte masivo.

### Consumo Unitario

Se determina el consumo energético por kilómetro recorrido para cada tipo de transporte utilizando datos de ocupación promedio obtenidos de encuestas realizadas en las unidades educativas. El consumo unitario se calcula aplicando una fórmula específica.

#### Ecuación 1

$$C_u \frac{F}{T_o}$$

Donde:

Cu: Consumo por persona en función del tipo de transporte (MJ/km × persona)

F: Factor promedio de consumo por medio de transporte (MJ/km)

To: Tasa de ocupación - promedio de ocupantes del transporte (Personas)

### Consumo Energético por Medio de Transporte

Para calcular el consumo energético de cada medio de transporte (Ecuación 2), es fundamental conocer la cantidad de vehículos y la distancia total recorrida, para luego multiplicar estos valores por el factor de consumo correspondiente. Según Rodríguez (2021), “para calcular la distancia recorrida, se considera cada desplazamiento según el medio de transporte utilizado y se asocia con la distancia promedio del sector de origen. Luego, se suman todos los desplazamientos realizados por cada tipo de transporte”. Estos valores se obtienen a partir de las distancias promedio entre el origen y el destino previamente determinadas.

#### Ecuación 2

$$CE = C_u \times d$$

Donde:

CE: Consumo de energía por categoría vehicular (MJ)

Cu: Factor de consumo por unidad (MJ/km × persona)

d: Distancia total recorrida por tipo de transporte (km)

## Conversión a Volumen

El consumo energético se convierte a volumen de combustible usando la densidad energética del combustible, expresada en MJ por litro. Esta conversión permite expresar el consumo en litros o galones para facilitar la interpretación de los resultados. la densidad energética de dos tipos de combustibles: el diésel, con una energía equivalente de 37,8 MJ/L, y la gasolina, con 34,9 MJ/L. Estos valores indican la cantidad de energía que cada litro de combustible puede generar.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Movilidad Educativa

Los patrones de movilidad educativa describen cómo se desplaza la comunidad educativa hacia y desde las instituciones, incluyendo aspectos como el número de viajes, los modos de transporte utilizados y los puntos de origen y destino. Estos patrones reflejan la influencia de factores como la infraestructura vial y las opciones de transporte disponibles.

### Modo de Transporte

Se identificaron las modalidades de transporte más utilizadas por la comunidad educativa: público (autobuses), comercial (taxis y transporte escolar), privado (vehículos particulares), y no motorizado (caminata y bicicleta). Los resultados indican que en las instituciones públicas predominan los autobuses (56 % en UE1), mientras que en las privadas y fiscomisionales, prevalece el uso de vehículos privados (52 % - 54 %). El uso de transporte no motorizado es menos relevante presentando un valor comprendido entre (2 % - 5 %).

De este modo, se muestra que el tipo de transporte más utilizado varía según el tipo de sostenimiento de cada institución educativa. En las públicas, predomina el uso del transporte público, mientras que, en las instituciones fiscomisionales y particulares, el transporte privado es el más común.

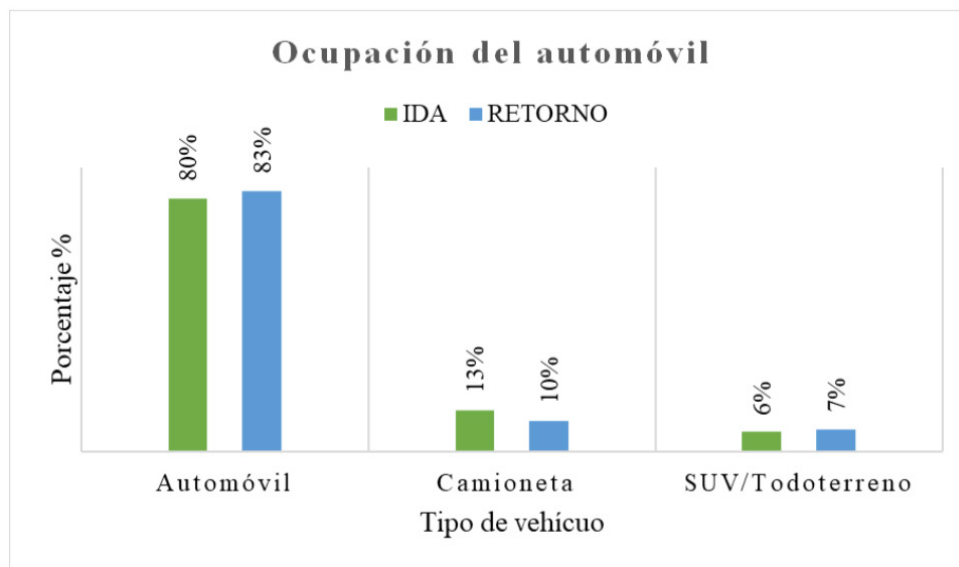
### Ocupación de los Medios de Transporte

Se analizó la ocupación de los medios de transporte en los trayectos de ida y retorno a los centros educativos: Durante el trayecto de ida, el autobús es el medio de transporte más utilizado en la UE1 con un 56 % de uso, mientras que, en la UE2, UE3 y UE4, el automóvil predomina con un uso del 48 % al 55 %, respectivamente. En el trayecto de retorno, el autobús mantiene su liderazgo en la UE1 con un 61 % de uso, mientras que, en la UE2, el automóvil se convierte en el medio preferido con un 37 %.

### Ocupación del Automóvil

El estudio distingue tres categorías de automóviles (sedan y hatchback), (utilitario/todoterreno), y (pick up o camionetas).

**Figura 1**  
Comparativa de ocupación del automóvil en función del trayecto



Fuente: (Álvarez, 2018)

De manera general, como se explica en la Figura 1, los automóviles (sedan/hatchback), registraron una ocupación del 80 %, lo que indica mayor predominio en el uso. Sin embargo, las camionetas mostraron una ligera disminución en la ocupación, pasando del 13 % en el trayecto de ida al 10 % en el de regreso. Por su parte, los utilitarios y todoterrenos mantuvieron una ocupación estable entre el 6 % y el 7 %, reflejando su menor participación en comparación con los otros tipos de vehículos.

### Generación de Viajes y distancia recorrida

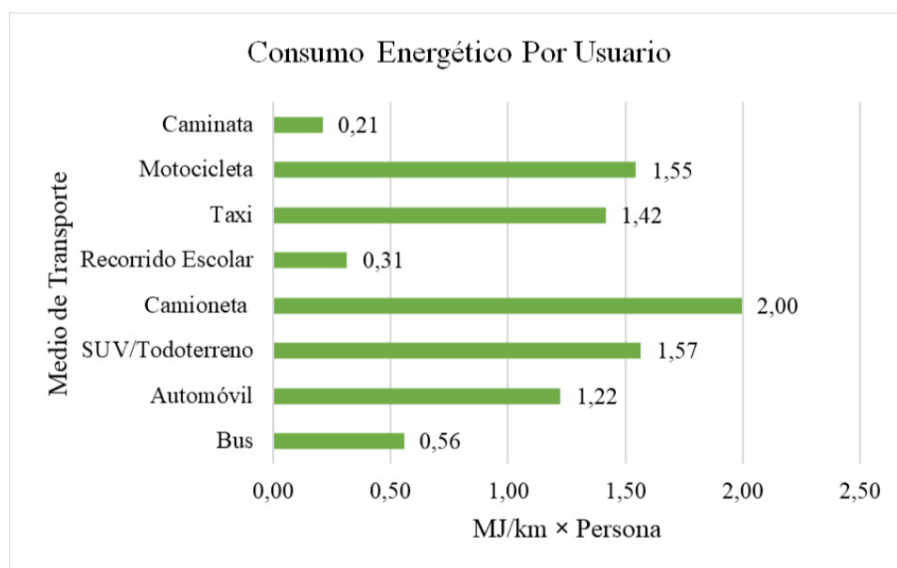
Se cuantificaron los viajes semanales generados desde diferentes zonas. La zona urbana representa el 85 % de los viajes, mientras que la zona rural aporta solo el 1 %, y el otro cantón contribuye con el 14 %. La alta proporción de viajes desde la zona urbana se debe a su cercanía a los centros educativos. Por otra parte, la cantidad de viajes semanales resulta de la aplicación de un coeficiente de elevación y se multiplica por 5 días laborables. En total se generan 4,607 viajes diarios y 23,037 viajes semanales.

El autobús es el medio de transporte con el mayor número de desplazamientos, presenta un total de 51,186 kilómetros recorridos diariamente por todos los medios de transporte. Esta información se utiliza como base para el cálculo el consumo de combustible.

### Consumo Energético Unitario

Utilizando factores de consumo energético por tipo de vehículo, la Figura 2 muestra que la camioneta tiene el mayor consumo por persona (2 MJ/km), seguida por SUV/todoterreno (1.57 MJ/km) y motocicleta (1.55 MJ/km). El autobús y el recorrido escolar presentan los valores más bajos.

**Figura 2**  
*Consumo Individual en función del tipo de Transporte*



De la Figura 2, se resalta la importancia de considerar el tipo de vehículo en la planificación de políticas de movilidad sostenible, promoviendo el uso de transporte colectivo y escolar ya que presentan el consumo más bajo en transporte motorizado con un (0,56 y 0,31) MJ/km respectivamente para reducir el impacto ambiental y mejorar la eficiencia energética general.

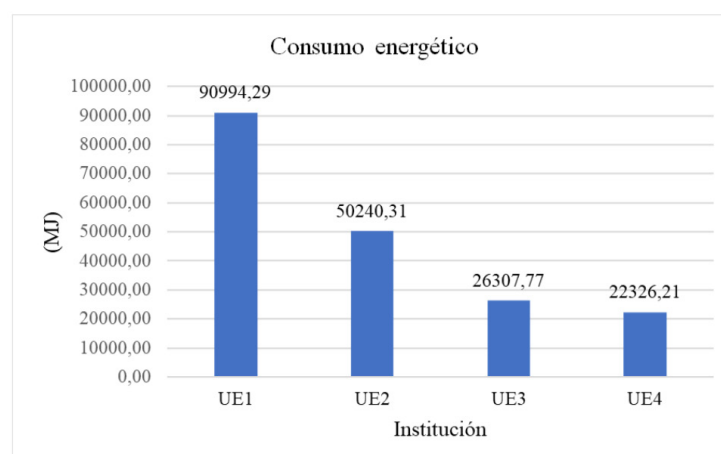
### Consumo Energético Total

El consumo total de energía semanal es de 189,868.59 MJ, equivalente a 1,327.074 galones de diésel o 1,437.347 galones de gasolina. El consumo en el trayecto de ida es mayor (99,044.52 MJ) comparado con el de retorno (90,824.06 MJ).

### Consumo Energético por Institución

La UE1 tiene el mayor consumo energético total (90,994.29 MJ), seguida por la UE2 (50,240.31 MJ), UE3 (26,307 MJ) y UE4 (22,326.21 MJ) como se detalla en la Figura 3.

**Figura 3**  
*Consumo energético por Institución*



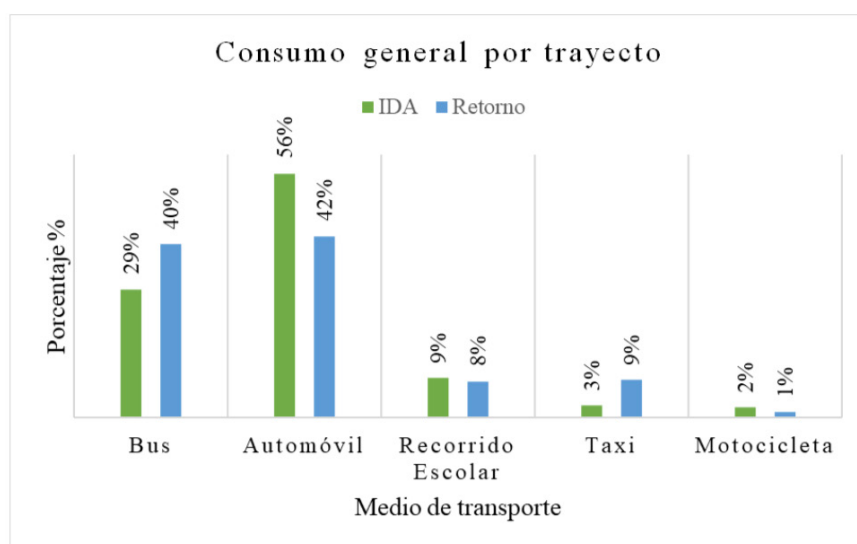
Los consumos son proporcionales al número de estudiantes en cada institución. Este hallazgo es concluyente para la planificación de políticas energéticas, ya que indica que las instituciones con mayor número de estudiantes requieren una atención especial en la gestión de recursos. Implementar estrategias de eficiencia energética en estas instituciones podría reducir significativamente el consumo total y promover prácticas más sostenibles.

### Consumo de Energía por Medio de Transporte

La Figura 3, ilustra claramente el consumo energético por tipo de transporte, destacando que el automóvil representa el 56 % del consumo en el trayecto de ida, con una notable disminución al 42 % en el trayecto de retorno. Este cambio en el patrón de consumo podría reflejar variaciones en la utilización del transporte a lo largo del día, posiblemente debido a la disponibilidad de opciones como el autobús, que aumenta su participación al 40 % en el regreso.

**Figura 4**

*Consumo por Transporte Según el Trayecto*



Los resultados destacan la importancia para el desarrollo de estrategias de gestión energética y promoción de alternativas de transporte. Fomentar el uso del autobús y otras opciones durante el trayecto de ida y vuelta podría equilibrar el consumo energético y reducir el impacto ambiental asociado con el uso predominante del automóvil.

### Conclusiones o hallazgos

El análisis de la movilidad educativa revela un claro predominio del transporte motorizado entre la comunidad educativa. Los vehículos privados, incluidos automóviles y camionetas, son los más utilizados para los desplazamientos hacia las instituciones educativas. Este modo de transporte representa la mayor parte del consumo energético total, con un valor de 2 MJ/km × Persona. A pesar de que los autobuses también son ampliamente utilizados y representan una opción más eficiente que los vehículos privados, aún contribuyen de manera significativa al consumo energético. Este hallazgo subraya la necesidad de promover alternativas de transporte más sostenibles para reducir el impacto ambiental asociado con el transporte educativo.

El uso de medios de transporte no motorizados, como bicicletas y caminatas, sigue siendo limitado, a pesar de los beneficios ambientales asociados con estos modos. La falta de infraestructura adecuada y la distancia a las instituciones educativas parecen ser factores que restringen el uso de bicicletas y caminatas. Este bajo nivel de utilización sugiere que hay una oportunidad significativa para mejorar la infraestructura urbana y rural para estos modos de transporte, lo que podría aumentar su adopción y, por ende, reducir el consumo energético global.

Los recorridos escolares emergen como una de las opciones más eficientes en términos de consumo energético por persona, con un valor estimado de 0.31 MJ/km × Persona. Este modo de transporte representa una alternativa viable para reducir el impacto ambiental del transporte educativo, especialmente en comparación con los vehículos privados y los autobuses. La promoción y expansión de los recorridos escolares podrían contribuir significativamente a una reducción en el consumo energético y a una mayor sostenibilidad en el transporte educativo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Álvarez Moncayo, D. L. (2018). Estudio de patrones de movilidad de trabajadores y estudiantes de la universidad técnica del norte para estimar el consumo de energía en función del tipo de transporte utilizado [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Recuperado de <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8041>
- Arias, F. and Freire, A. (2023). Estudio de indicadores de desempeño energético (iden) de un hospital básico en el ecuador. *Revista Técnica "Energía"*, 20(1), 33-42. <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v20.n1.2023.580>
- Castillo, J. C., Restrepo, Á., Tibaquirá, J. E., & Quirama, L. F. (2019). Estrategias de eficiencia energética en vehículos livianos del transporte por carretera en colombia. *Revista UIS Ingenierías*, 18(3), 129-140. <https://doi.org/10.18273/revuin.v18n3-2019013>
- Fernández, J. and Obregón-Biosca, S. A. (2022). Consumo energético y emisiones de gei en alta velocidad ferroviaria, caso guadalajara-ciudad de méxico- veracruz. *Economía Sociedad Y Territorio*, 217-248. <https://doi.org/10.22136/est20231779>
- Muentes, K., Pereira, J., Rivadeneira, R. A., & Moreira, C. R. (2022). Factores determinantes de las emisiones de co2 en los sectores industrial y transporte en ecuador. *Revista Científica Ciencias Naturales Y Ambientales*, 16(2). <https://doi.org/10.53591/cna.v16i2.1867>
- Ríos, A. A., Guamán, J., & Vargas, C. (2018). Análisis de la implementación de una estrategia de reducción del consumo energético en el sector residencial del ecuador: evaluación del impacto en la matriz energética. *Revista Técnica "Energía"*, 15(1). <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v15.n1.2018.328>
- Rodríguez Bonilla, D. A. (2021). Análisis de congestión vehicular generada por establecimientos educativos en el hipercentro de la ciudad de Ibarra [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Recuperado de <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11101>