

Análisis del Consumo Energético y las Emisiones de gases de Efecto Invernadero en el Sector Transporte de Pasajeros en Ecuador

Analysis of Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions in the Passenger Transport Sector in Ecuador

Recibido: 06, junio 2025

Aceptado: 20, junio 2025

Publicado

online: 18, julio 2025

Como Citar: Tuarez-Torres, M. et al. (2025). Análisis del Consumo Energético y las Emisiones de gases de Efecto Invernadero en el Sector Transporte de Pasajeros en Ecuador. *Revista Digital Científica Causalidad (caui3)*, 1(2), 34-45. <https://doi.org/10.70929/caui3.v1i2.0014>

ISSN-e: 3073-1518

Creative Commons CC BY 4.0



María Tuarez^{1*}, Pedro Castro-Verdezoto¹, Jefferson Avilés¹, Cristhian Piza¹, Alex Cabrera²

Resumen:

Este estudio evalúa el consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero en el transporte de pasajeros en Ecuador. Para lo que se ha modelado y simulado escenarios futuros a partir de datos como la población, el PIB y el número de vehículos matriculados. Los resultados de estudio muestran que la proyección energética para el 2040 alcanzará un estimado total de 38 millones de barril equivalente de petróleo (BEP) y que el subsector que más utiliza energía es el individual (Autos, SUV, Motocicletas) con más del 80% de la demanda de la energía total, y que las emisiones proyectadas totales para ese mismo año son de 8.450 toneladas métricas equivalentes de CO₂ (TNCO₂-eq), siendo el dióxido de carbono el gas de mayor participación con más del 95% de emisiones. Evidencia así una fuerte dependencia del país en el uso de combustibles fósiles.

Palabras Clave: Consumo energético, emisiones de gases de efecto invernadero, LEAP, proyección, regresión lineal, mitigación.

Abstract:

This study evaluates energy consumption and greenhouse gas emissions in passenger transport in Ecuador. To this end, future scenarios have been modeled and simulated based on data such as population, GDP, and the number of registered vehicles. The results of the study show that the energy projection for 2040 will reach an estimated total of 38 million barrels of oil equivalent (BOE) and that the subsector that uses the most energy is the individual sector (cars, SUVs, motorcycles) with more than 80% of total energy demand, and that total projected emissions for that same year are 8,450 metric tons of CO₂ equivalent (TNCO₂-eq), with carbon dioxide being the gas with the largest share, accounting for more than 95% of emissions. This evidence points to the country's heavy dependence on fossil fuels.

Keywords: Energy consumption, greenhouse gas emissions, LEAP, projection, linear regression, mitigation.

¹Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad de Guayaquil, Guayaquil 090514, Ecuador

²Ministerio de Educación Quito, Ecuador

Autor de correspondencia: maria.tuarezto@ug.edu.ec

1 Introducción

El transporte terrestre de pasajeros es un sector importante, que presenta una creciente demanda año a año debido al aumento de la población y al crecimiento económico, este crecimiento se transmite al consumo de energía que este sector necesita para su funcionamiento debido a la dependencia de combustibles fósiles. Según la Agencia Internacional de la Energía, el transporte supone un 26,2 % del total del consumo energético del mundo [1]. A pesar de que el sector económico de América Latina y el Caribe (ALC) contribuye con solo el 5% de las emisiones globales de CO₂ derivadas de la quema de combustibles fósiles, la región se ve afectada significativamente por los efectos negativos del Cambio Climático. América latina y el Caribe experimentan cada vez más desastres naturales. No tomar medidas decisivas para descarbonizar el transporte en ALC tendrá como consecuencia un incremento de las emisiones del sector en torno al 17% para 2050 respecto a 2019, muy lejos de los niveles requeridos para lograr el objetivo del Acuerdo de París [2], [3], [4].

En esta investigación se plantea como primer objetivo cuantificar el consumo energético del sector transporte de pasajeros, considerando sus diferentes modalidades. Asimismo, se busca determinar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por dicho sector, tomando en cuenta el tipo de combustible utilizado y la categoría vehicular. Finalmente, se pretende identificar las categorías que presentan mayores niveles de emisión y consumo energético, a partir del análisis de la relación entre el consumo energético y las emisiones de GEI.

El sector del transporte de pasajeros en Ecuador es un componente esencial de la economía nacional, facilitando la movilidad de millones de personas en todo el país. Sin embargo, el aumento de la población genera en los sistemas de transporte tensión por satisfacer las grandes demandas sin importar el consumo de los energéticos o la contaminación que se genere, por lo que los nuevos proyectos tienen que ser guiados hacia una visión sustentable que considere a todas las partes interesadas [5], [6]. El crecimiento sostenido de este sector también ha incrementado la demanda de energía lo que plantea desafíos significativos en términos de sostenibilidad y planificación energética. En un contexto global donde la optimización del uso de recursos energéticos es crucial, comprender los patrones de consumo energético en este sector se convierte en una prioridad así mismo el aumento de emisión de los gases de efecto invernadero tiene una relación directa con el cambio climático, el transporte público es un problema crítico que afecta a la salud y el bienestar de las ciudades. En particular, las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) provenientes del transporte representan una de las principales fuentes de contaminación en las ciudades. Esta investigación se centra en el análisis del consumo energético y de las emisiones del sector transporte terrestre de pasajeros en Ecuador con una proyección hasta el 2040.

El sector transporte de pasajeros abarca el transporte individual como el colectivo, los cuales han experimentado un crecimiento notable en las últimas décadas lo que ha contribuido a una mayor diversificación del parque automotor incluyendo varios tipos de vehículos, cada uno con patrones únicos de consumo energético. Para abordar este análisis, el estudio adopta un enfoque descriptivo y analítico con el objetivo de cuantificar el consumo energético actual y las emisiones provenientes del sector del transporte terrestre de pasajeros y proyectar escenarios futuros hasta el año 2040. Este enfoque permitirá no solo identificar tendencias históricas, sino también explorar el impacto potencial de factores como el crecimiento demográfico, el desarrollo económico la adopción de nuevas tecnologías, y las emisiones de GEI.

El consumo energético del Ecuador se ha incrementado en un 18,3% durante el periodo 2013 a 2023 llegando de 86,2 a 102 millones de barriles de petróleo equivalente (BEP) en donde el sistema de transporte terrestre se ha destacado por un alto consumo de energía, especialmente el transporte de pasajeros [7], [8]. El Ecuador es un país dependiente de la explotación de recursos no renovables como el petróleo, extracción de minerales y metales, entre otros lo que ha originado

un impacto negativo en el medio ambiente [9], [10]. La contaminación por Gases de Efecto Invernadero (GEI) ha aumentado en los últimos años, y a nivel mundial se ha incrementado en un 50% entre 1990 y 2018 [11], [12], provocando impactos climáticos graves. Ante esta situación, y considerando la limitada capacidad regenerativa del planeta, algunas sociedades han adecuado sus funciones hacia la reducción de emisiones, Ecuador es responsable del 0,15% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel mundial. Pese a no ser uno de los grandes emisores, el país está comprometido con la fomentación de acciones que contribuyan a la mitigación y la adaptación al cambio climático [13].

A lo largo de las últimas décadas investigaciones posteriores han puesto en manifiesto que el transporte por carretera causa algo más de la cuarta parte de las emisiones de CO₂. Además, las cifras del sector transporte muestran notable crecimiento, un 1,9 % anual en el caso del transporte de pasajeros y hasta un 2,7% en el de mercancías, cifras que rebasan las mejoras en la eficiencia energética experimentada por los diferentes modos de transporte [14].

Analizar el consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el sector transporte resulta crucial tanto desde una perspectiva ambiental como en el ámbito de la planificación energética. Esta evaluación permite establecer líneas base sólidas para la formulación de escenarios de mitigación, facilitando una toma de decisiones informada en el diseño de políticas de descarbonización. Además, constituye un componente esencial para avanzar en la transición hacia un sistema energético sostenible y bajo en carbono, al tiempo que contribuye al cumplimiento de compromisos internacionales en materia de cambio climático.

2 Metodología y planteamiento del problema

Se realizó un estudio investigativo basado en el análisis de datos con el objetivo de desarrollar un enfoque cuantitativo descriptivo, complementado con una modelización predictiva de las tendencias en el consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector transporte de pasajeros en Ecuador. Para ello, se aplicó un método de simulación de escenarios mediante el uso del software LEAP una herramienta que permite proyectar el comportamiento futuro del sistema energético a partir de variables como la población, el PIB y el parque automotor. Esta modelación facilita la evaluación de los posibles efectos ambientales y energéticos derivados de las tendencias actuales, proporcionando una base técnica para el análisis de sostenibilidad y la formulación de políticas públicas.

En Ecuador, el sector transporte concentra el 51,9% de la demanda energética nacional [5] (Ministerio de Energía y Minas, 2024), sustentada principalmente en combustibles fósiles (79,9%), cuya creciente utilización de diésel y gasolina ha incrementado las emisiones de GEI [15], [16]. Este patrón se replica en América Latina, donde el transporte representa más del 35% de las emisiones, agravando la vulnerabilidad de la región frente al cambio climático [17]. El desafío central consiste en conciliar el crecimiento económico con la reducción de emisiones, dado el impacto del transporte en el ambiente y la salud pública.

2.1 Estructura del modelo para la planificación energética y las emisiones del sector transporte de pasajeros en Ecuador

El análisis del consumo energético en el sector transporte de pasajeros requiere un enfoque metodológico que maximice la precisión y la utilidad de los resultados para la toma de decisiones estratégicas. Entre las opciones disponibles, el modelo Bottom-Up de regresión ofrece claras ventajas frente al modelo paramétrico, debido a su capacidad de desagregar el sistema en componentes detallados y modelar relaciones complejas entre variables. Esta elección se fundamenta tanto en la estructura de los datos disponibles como en los resultados específicos que se buscan en este tipo de estudios.

El sector transporte está compuesto por diferentes categorías de vehículos, cada uno con patrones de uso, tecnologías y tipos de combustible particulares. Este nivel de detalle exige un enfoque que permita analizar de manera granular los factores que contribuyen al consumo energético total, como el tipo de vehículo (automóviles, autobuses, motocicletas, furgonetas), su eficiencia energética y los kilómetros recorridos. En este sentido, el modelo Bottom-Up se adapta perfectamente, ya que descompone el sistema en unidades más pequeñas y permite integrar datos desagregados para obtener resultados específicos. Por el contrario, el modelo paramétrico se basa en relaciones simplificadas entre las variables, lo que limita su capacidad para capturar las dinámicas internas del sistema. Además, el modelo Bottom-Up destaca por su flexibilidad para ajustar relaciones no lineales y complejas, que son características comunes en el sector transporte. Por ejemplo, la adopción de vehículos eléctricos no depende únicamente del PIB per cápita, sino también de factores como subsidios, desarrollo de infraestructura de carga y costos iniciales. Estas interacciones no lineales pueden capturarse mediante regresiones multivariantes en un modelo Bottom-Up, mientras que el enfoque paramétrico a menudo se basa en suposiciones rígidas que no representan adecuadamente estas dinámicas.

El tipo de resultados esperados también justifica la elección del modelo Bottom-Up de regresión. Este enfoque permite obtener estimaciones detalladas, como el consumo energético desglosado por categoría de vehículo, región geográfica o tipo de combustible. Esto es crucial para diseñar políticas públicas específicas, como incentivos para la electrificación de autobuses o regulaciones para reducir el uso de combustibles fósiles en motocicletas. En contraste, el modelo paramétrico se limita a proporcionar estimaciones generales del consumo total, lo que dificulta identificar áreas específicas de intervención. Un modelo bottom-up basado en regresión es una metodología detallada para proyectar el consumo energético y otros resultados clave, utilizando un enfoque de regresión para identificar relaciones estadísticas entre variables específicas y desagregadas del sistema. transporte terrestre, analizando de manera pormenorizada cómo el número de vehículos (variable dependiente) se ve afectado por factores socioeconómicos como el PIB y la población (variables independientes).

El modelo bottom-up requiere la identificación de cada subcomponente que contribuye al consumo total. En el caso del transporte terrestre, se descomponen los tipos de vehículos (como automóviles, motocicletas, camiones, autobuses) y el tipo de combustible que utilizan. Cada tipo de vehículo presenta un consumo energético específico, el cual se obtiene a partir de los factores de consumo para cada categoría. Por ejemplo, un autobús tiene un consumo diferente de un automóvil privado. Estos factores se multiplican por el número de vehículos en cada categoría para obtener un consumo parcial que luego será sumado para obtener el total del consumo. Con datos históricos, la regresión analiza cómo el PIB y la población han influido en el crecimiento del número de vehículos. Una vez obtenida esta relación estadística, se puede proyectar cómo el número de vehículos y el consumo de energía evolucionarán en el tiempo, bajo distintos escenarios de crecimiento económico y poblacional.

Como se estableció anteriormente, se trata de un modelo con enfoque Bottom up lo cual permite obtener de manera individual el consumo energético por cada tipo de vehículo y luego sumar estos consumos para obtener el total final. Al emplear en el transporte colectivo el método de regresión y en el transporte colectivo la función escalón se ha conformado la ecuación del modelo de acuerdo con esta estructura.

$$CE = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^3 E_i \cdot W_{ij} \quad (1)$$

donde:

i = categoría de vehículos (individual o colectivo)

j = tipo de fuente energética (electricidad, gasolina, diesel)

E_i = número de vehículos por categoría i ; donde i puede ser transporte individual (autos, SUV, motocicletas) o colectivo (autobuses, furgonetas)

W_{ij} = constante de consumo energético unitario por categoría i , por tipo de fuente energética j .

E_i =responde a la ecuación de regresión lineal de cada tipo de vehículo = $\alpha_i PIB + \beta_i Población + C_i$

Esta ecuación representa el total del consumo de energía que se obtiene al ejecutar el modelo desarrollado, teniendo en cuenta los diferentes elementos que lo componen, como E_i que responde a una ecuación de regresión donde los parámetros α_i y β_i varían dependiendo el tipo de vehículo con que el modelo trabaja como autos, motocicletas y SUV, para el caso de transporte colectivo asumimos que es una constante aleatoria que varía cada cierto periodo de tiempo, en el caso de las variables PIB y Población no varían en las ecuaciones.

Se parte desde el primer nivel estructural en donde se divide el modelo en dos grupos, el transporte individual y el transporte colectivo, estos a su vez se encuentran compuestos por los distintos tipos de vehículos presentes en cada categoría los mismos que componen el segundo nivel, el tercer nivel se encuentra compuesto por el tipo de unidad de potencia que se emplea en cada vehículo (motor eléctrico o de combustión interna) y finalmente se ubica el cuarto nivel describiendo la fuente de energía empleada (combustibles fósiles, electricidad), Estructurando el modelo base (BAU) también conocido Business As Usual en donde se configuran los datos generados a partir del análisis de regresión y sumado a los datos históricos se conforman los datos normales de consumo energético. Se procede a describir la estructuración del modelo usando el software LEAP en esta sección.

El modelo diseñado en LEAP se estructura a partir de componentes clave que permiten evaluar de forma integral las dinámicas energéticas del sector transporte. Esta organización parte de las Key Assumptions (Suposiciones clave), donde se definen las hipótesis centrales del sistema. Estas suposiciones incluyen las variables exógenas, que funcionan como los factores externos que inciden en el comportamiento interno del modelo. Aunque estas variables no son directamente controladas por el sistema, su influencia es determinante para modelar los patrones de consumo energético.

Dentro de las variables exógenas destacan principalmente el PIB (GDP por sus siglas en inglés) y la Población. El PIB, al reflejar la actividad económica actúa como un indicador del poder adquisitivo de los hogares y, por ende, de la capacidad para adquirir vehículos. Por otro lado, la Población es crucial al determinar la cantidad de usuarios que demandan servicios de transporte y su crecimiento tiende a correlacionarse con un aumento en el tamaño del parque vehicular como se detalló en el análisis de las variables seleccionadas. Estos factores establecen una base macroeconómica y demográfica sobre la cual se fundamenta el comportamiento del sistema. Por otro lado, las variables endógenas reflejan los resultados del sistema como respuesta a las variables exógenas. Estas incluyen categorías específicas del parque vehicular como Autos, SUV's, Motocicletas, Autobuses y Furgonetas, cada una representando subgrupos clave que impactan en el consumo energético y las emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero). A través de este desglose, es posible identificar tendencias en la adopción tecnológica, variaciones en eficiencia energética, y contribuciones individuales de cada tipo de vehículo al panorama general de emisiones.

En su conjunto, este marco organizativo de LEAP es esencial para analizar cómo las dinámicas externas (PIB y población) interactúan con las internas (categorías vehiculares), proporcionando herramientas para modelar escenarios futuros. Aunque el enfoque del modelo permite proyecciones energéticas precisas, no se debe ignorar que los resultados dependen en gran medida de la precisión de las variables exógenas y la calidad de los datos disponibles. Este nivel de detalle contribuye a evaluar posibles políticas, como la electrificación del transporte o la optimización de infraestructuras, orientadas a mejorar la sostenibilidad del sector.

3 Uso de Variables

Para llevar a cabo el análisis de la demanda de energía dentro del sector de transporte terrestre es necesario partir desde la determinación de las variables que influyen en el crecimiento porcentual de este consumo. El propósito de identificar estas variables radica en que a través de éstas se buscará proyectar a futuro cómo las fluctuaciones en dichos parámetros afectan de manera positiva o negativa la demanda de energía y por ende con la proyección de la demanda energética proyectar las emisiones de GEI.

Estas variables se utilizaron para estimar la expansión de la movilidad y en consecuencia la demanda del transporte, cuando la población crece se incrementa el uso de transporte esto implica mayor consumo energético, por otro lado el PIB sirve como indicador del crecimiento económico, asumiendo así que existe un aumento en la actividad económica generando un crecimiento en la necesidad de los diferentes tipos de transporte, el número de vehículos matriculados es una variable directa, esta permite proyectar la cantidad de vehículos que estarán en circulación y a su vez estimar la cantidad de kilómetros recorridos con esto obtiene el promedio de combustible por kilómetro y la actuación los diferentes vehículos dependientes de cada combustible, en específico:

3.1 Variables exógenas

- PIB (Producto Interno Bruto): ingresado en billones de dólares. Actúa como indicador de la capacidad económica y el poder adquisitivo para la adquisición de vehículos.
- Población: ingresada en millones de personas. Representa la demanda de transporte y la necesidad de movilidad, correlacionándose con el tamaño del parque automotor.

3.2 Variables endógenas

- Parque automotor de pasajeros: autos, SUV, motocicletas, buses y furgonetas.

El crecimiento del parque vehicular está impulsado por el aumento del PIB y la población, lo que incrementa la demanda de autos y del transporte colectivo, este parque proyectado se multiplica por el consumo específico y el tipo de energía utilizada para calcular el consumo energético total. A partir de este consumo, se estiman las emisiones de GEI según el tipo de combustible empleado.

4 Resultados

Las proyecciones del consumo energético en el transporte terrestre de pasajeros en Ecuador, desarrolladas mediante el modelo LEAP, se fundamentan en los datos históricos desglosados del Balance Energético Nacional (Ministerio de Energía y Minas, 2024). A partir del consumo total del sector, el modelo ofrece una visión integral sobre la evolución de la demanda de energía, del parque vehicular en el país y las emisiones de gases de efecto invernadero resultantes de este sector. Los resultados se presentan diferenciados entre transporte individual y colectivo, mostrando las dinámicas específicas de cada segmento, así como su contribución al consumo energético total.

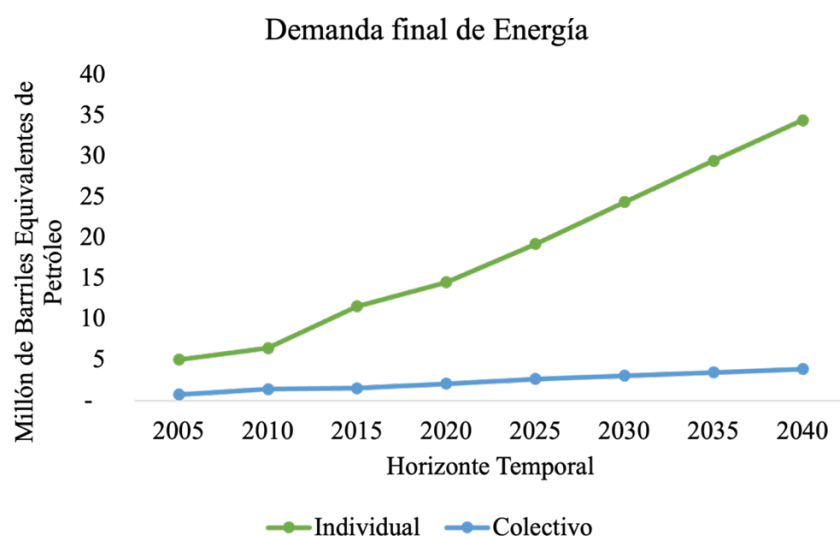


Figura 1. Proyección de la demanda por tipo de transporte.

La Figura 1 muestra la proyección energética para 2040 alcanza un estimado total de 38 millones de BEP, se observa que el transporte de pasajeros individual representa más del 80% de la demanda total de energía, en cambio el transporte colectivo tiene una participación menor en las proyecciones, esto refleja la preferencia de la población al momento de transportarse.

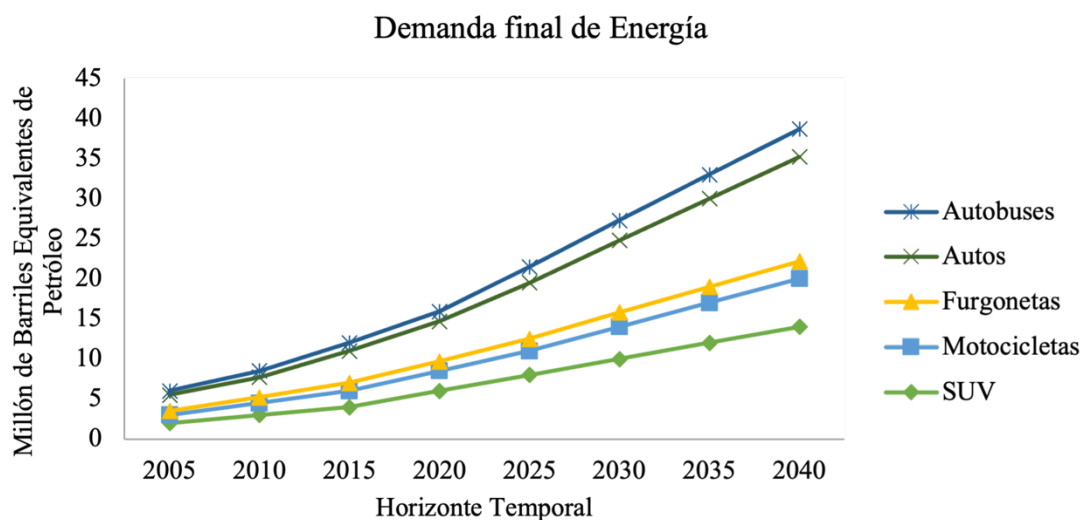


Figura 2. Proyección de la demanda por tipo de vehículo.

En la Figura 2 se muestra la proyección de la demanda por tipo de vehículo, teniendo que los predominantes en el consumo tentativo son los autos y los SUV, los cuales representan un poco más del 70% de la demanda total de energía proyectada, las motocicletas tienden a mantener un consumo bajo en comparación a los autos y SUV's pero mayor que las furgonetas y autobuses, se observa además que las motocicletas tienen una mayor participación en la demanda empezando el incremento desde el año 2012 y manteniendo el incremento progresivamente hasta el año 2040.

A continuación, en la Figura 3 se presenta la proyección de las emisiones de gases de efecto invernadero vinculadas al consumo energético en el sector transporte de pasajeros en Ecuador, en relación con la segregación de este se detalla las emisiones totales por cada gas de efecto

invernadero y el tipo de combustible, estas proyecciones reflejan un panorama total sobre la evolución de las emisiones vinculadas al año 2005 hasta el escenario del 2040.

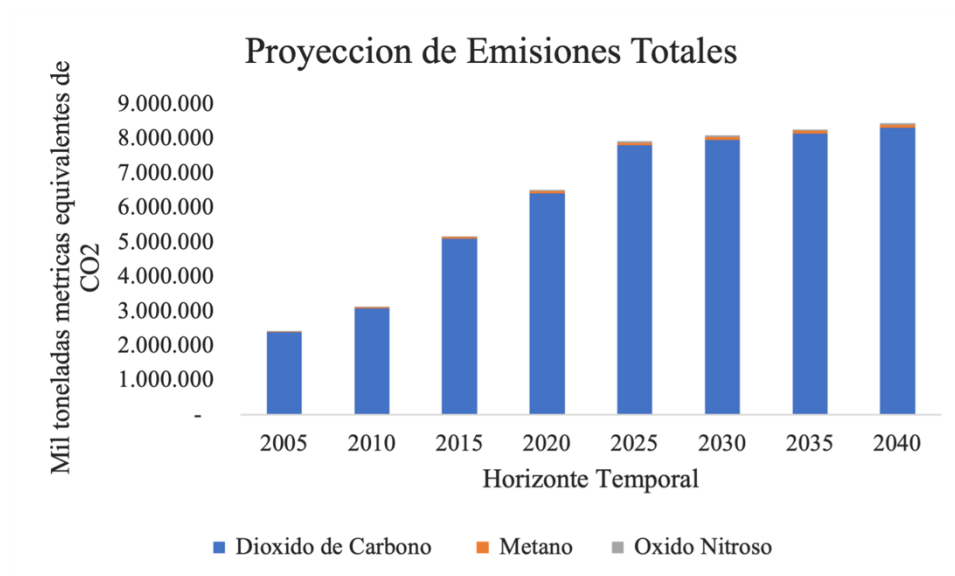


Figura 3. Proyección de Emisiones en el Sector Transporte de Pasajeros.

La proyección de emisiones de gases de efecto invernadero para el 2040 alcanza un total de 8.450 toneladas métricas equivalente de CO₂ (TNCO₂-eq), se observa que el gas de mayor impacto es el dióxido de carbono con un crecimiento exponencial representando más del 95% total de las emisiones, mientras que el metano y óxido de nitrógeno no representan mayor crecimiento en la totalidad de las emisiones, aunque el CO₂ sea el gas más emitido en términos de volumen. , El metano y el óxido nítrico, tienen un potencial de GWP mucho mayor , el metano tiene una permanencia en la atmósfera relativamente corta pero durante ese tiempo su efecto es muy potente tiene un potencial de calentamiento de 28 a 36 veces mayor que el CO₂, el óxido nítrico tiene una permanencia mucho más larga son 114 años y el GWP es 265 a 298 veces mayor que el CO₂.

La Figura 4 muestra la proyección de las emisiones por tipo de combustible nos refleja que el combustible predominante en emisiones es la gasolina teniendo una participación de más del 75% ,también se observa como el Diesel va creciendo paulatinamente representando un porcentaje de emisiones cada vez mayor , en lo que respecta al GLP su barra no es visible interpretando así que sus emisiones son insignificantes en comparación a las ya descritas , entre el 2005 y el año 2020 las emisiones totales se duplican, y desde el año 2025 estas emisiones presentan ligeros incrementos hasta el 2040 lo que podría deberse a la preocupación de los cambios ambientales e implementación de políticas públicas.

5 INDICADORES:

Los indicadores que se presentan a continuación nos indican la cuantificación de consumo energético y emisiones de GEI a nivel general, relacionadas al sector transporte de pasajeros en el Ecuador, con el fin de evaluar el impacto que tienen, monitorear su evolución a lo largo del tiempo, siendo estas proyecciones esenciales para tener bases para nuevas o mejorar las anteriores políticas públicas encaminadas a la transición energética y a la reducción de emisiones.

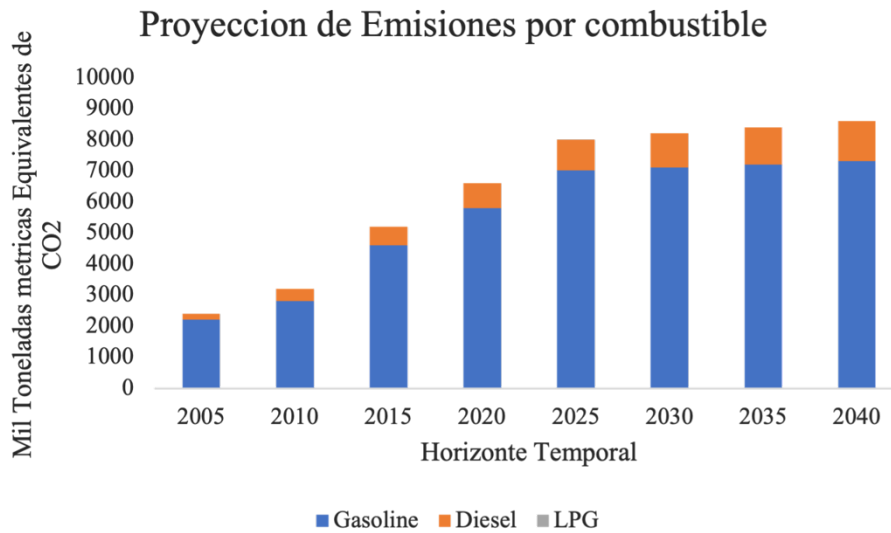


Figura 4. Proyección de Emisiones por combustible hasta el año 2040.

Entre 2005 y 2020, ambas variables presentan un crecimiento acelerado, aunque la demanda energética crece a un ritmo mucho mayor que las emisiones (ver Figura 5). A partir de 2020, la demanda energética se estabiliza cerca de los 21.000/22.000, mostrando incrementos muy leves hasta 2040. Las emisiones también se desaceleran después de 2025, manteniéndose alrededor de 7.000. Esto sugiere que, aunque la demanda energética sigue siendo alta, las emisiones no crecen de forma proporcional en el último tramo, lo que podría estar asociado a mejoras en eficiencia energética o podría indicar la adopción de tecnologías más eficientes y/o energías renovables que desacoplan parcialmente el crecimiento del consumo energético del incremento de emisiones contaminantes.

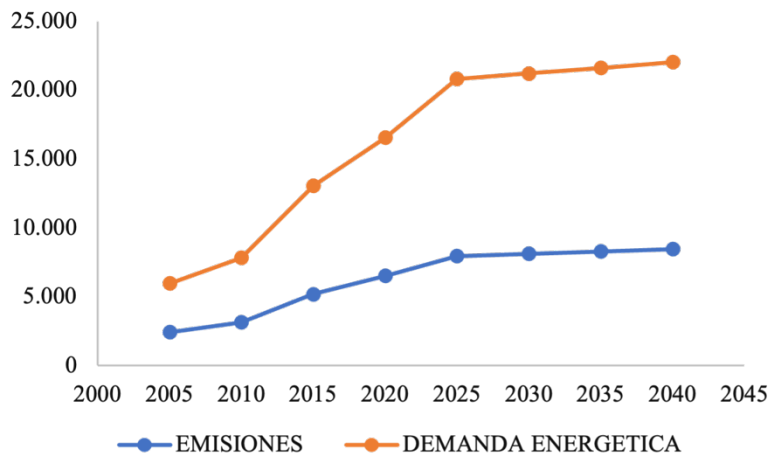


Figura 5. Indicador relación demanda de energía y Emisiones de GEI.

La Figura 6 muestra la evolución de las emisiones del gas con más presencia dentro de la proyección general (CO₂) expresada en TNCO₂-eq/vehículos, desde el año 2003-2012 se ve una disminución significativa en las emisiones por vehículo pasando de 4,83 a 3,77. A partir de ahí se observan variaciones leves, en el año 2024 se proyecta una tendencia amentada gradualmente hasta el 2040.

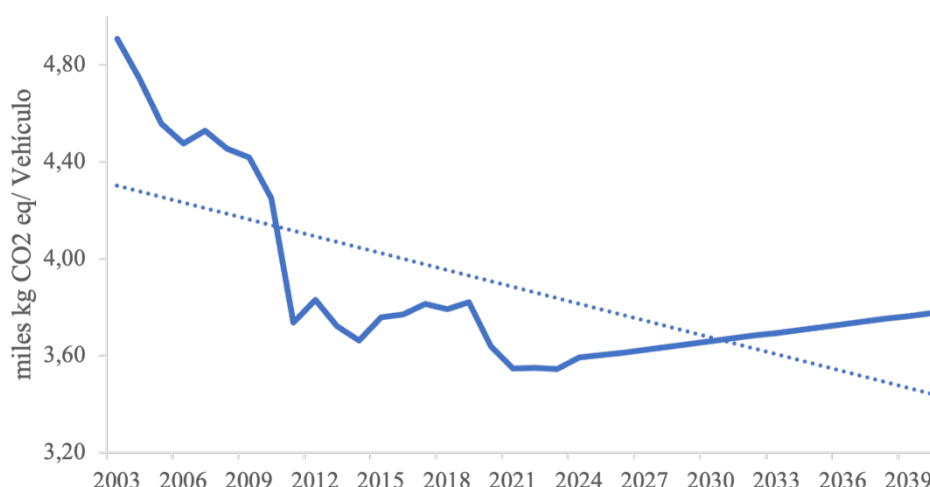


Figura 6. Indicador de evolución del CO2.

6 Discusión

El análisis del transporte de pasajeros en Ecuador evidencia una marcada dependencia de combustibles fósiles, principalmente gasolina y diésel, que en conjunto representan más del 85 % de la demanda energética del sector. Esta situación no solo incrementa el consumo nacional de energía, sino que también genera un impacto ambiental significativo por el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). La modelización desarrollada mediante el software LEAP, bajo un enfoque Bottom-Up basado en regresión, permitió proyectar la demanda energética hasta el año 2040, integrando variables macroeconómicas y demográficas como el PIB, la población y el crecimiento del parque automotor.

Los resultados muestran que el incremento acelerado de automóviles, motocicletas y SUV constituye el principal factor de presión sobre la demanda energética futura. Este comportamiento se alinea con las tendencias históricas observadas en la última década, donde la urbanización y el crecimiento económico han impulsado una mayor motorización individual del transporte colectivo, señalando que la sostenibilidad del sector transporte requiere de estrategias conjuntas: por un lado, la electrificación progresiva del parque automotor, y por otro, la modernización y expansión del transporte público. La integración de estas medidas no solo permitiría reducir el consumo de derivados fósiles, sino también disminuir las emisiones asociadas lo que refuerza la urgencia de implementar medidas de mitigación y cumplir con los compromisos internacionales en materia de cambio climático.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en el estudio muestran un alto consumo de energía a futuro, siguiendo una tendencia creciente, la dependencia en el uso de combustibles fósiles como la gasolina y el diesel marcan la necesidad que se tiene a nivel nacional a estos combustibles; el transporte individual tiene una alta participación en este uso en comparación a la transportación colectiva, tomando más del 80% de la demanda total de energía con 34 millones de BEP de los 38 millones de BEP de la demanda total en 2040, para la proyección de gases de efecto invernadero los resultados obtenidos nos muestran una tendencia creciente en la concentración de emisiones en el sector transporte de pasajeros, demostrando la dependencia que se tiene en el uso de combustibles fósiles, el transporte individual tiene la participación más alta de emisiones con más del 80%, el sector transporte colectivo no tiene mayor aportación, pero el gas emitido en esta categoría es de lo más contaminantes con 265-298 GWP en 100 años, lo que significa que aunque

sus emisiones sean menores a las comparadas del transporte individual su efecto sobre el calentamiento global es más fuerte a largo plazo, las crecientes pendientes sugieren que la demanda de transporte está aumentando sin establecer cambios tecnológicos o políticas significativas.

Referencias

- [1] R. A. Marchese and M. A. Golato, "El Consumo de Combustible y Energía en el Transporte," *CET. Revista de ciencias exactas e ingeniería*, no. 33, pp. 1–10, Jan. 2011, [Online]. Available: www.bridgestone.co.jp/tire/ecopia_ep100/ind
- [2] A. Calatayud, M. E. Rivas, J. Camacho, C. Beltrán, M. Ansaldo, and E. Café, "Transporte 2050: el camino hacia la descarbonización y la resiliencia climática en América Latina y el Caribe," 2023.
- [3] L. Rivera Albarracín, "El cambio climático y el desarrollo energético sostenible en América Latina y el Caribe al amparo del Acuerdo de París y de la Agenda 2030."
- [4] R. Delgado, H. Eguino, and A. Lopes, "Política fiscal y cambio climático: experiencias recientes de los ministerios de finanzas de América Latina y el Caribe", doi: 10.18235/0003376i.
- [5] M. Namara Valdes, "Importancia de transporte público de última milla amigable con el medioambiente: Caso, Zumpango, Estado de México," *Meio Ambiente (Brasil)*, vol. 2, pp. 2–009, 2020.
- [6] A. J. Carbonell Chams, "Transporte público y problemas medioambientales en Colombia," *Observatorio Medioambiental*, vol. 26, pp. 23–44, Dec. 2023, doi: 10.5209/obmd.93019.
- [7] "El balance energético en Paraguay." [Online]. Available: <https://bit.ly/3bd5Lpi>
- [8] "Balance Nacional de Energía 2016," 2017. [Online]. Available: www.gob.mx/sener
- [9] A. R. Rea-Toapanta, "Daño ambiental y economía circular en la explotación de los recursos naturales no renovables," *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, vol. 16, no. 2, pp. 93–105, Jul. 2023, doi: 10.29166/revfig.v16i2.4104.
- [10] J. L. Mendoza-Gavilanez, D. H. Buitrago-Ricaurte, W. I. Navas-Bayona, and M. A. Suriaga-Sánchez, "El agotamiento de los recursos naturales y su efecto en el medio ambiente," *MQRInvestigar*, vol. 8, no. 4, pp. 1611–1626, Oct. 2024, doi: 10.56048/mqr20225.8.4.2024.1611-1626.
- [11] G. Hernández, "Emissions of greenhouse gases and key sectors in Colombia," *Trimestre Económico*, vol. 88, no. 350, pp. 523–550, Apr. 2021, doi: 10.20430/ETE.V88I350.857.
- [12] U. de Alicante España Sotelo Navalpotro, J. Antonio, S. Pérez, and T. Becerra, "Investigaciones Geográficas (Esp)," *Investigaciones Geográficas (Esp)*, pp. 133–169, 2011, [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17622555005>
- [13] M. C. Gimeno Presa, "LA MITIGACIÓN Y LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS TRIBUNALES: UN OBJETIVO A MEDIO CAMINO," *Actualidad Jurídica Iberoamericana*, no. 21, pp. 1–45, Aug. 2024, doi: 10.13039/501100011033.
- [14] J. A. Sotelo Navalpotro, M. Sotelo Pérez, and A. Tolón Becerra, "Las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector transporte por carretera," *Investigaciones Geográficas*, no. 54, p. 133, Apr. 2011, doi: 10.14198/INGEO2011.54.05.
- [15] V. Guayanlema, L. Fernández, and K. Arias, "ANÁLISIS DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO DEL ECUADOR," *ENERLAC Revista de energía Latinoamericana y el Caribe*, vol. 1, no. 2, 2107.
- [16] H. Raúl, B. Medina, G. E. S. Lima, C. De Economía, and Y. Administración C O M P E N D I U, "ANÁLISIS DEL BALANCE ENERGÉTICO DEL ECUADOR A TRAVÉS DE DINÁMICA DE SISTEMAS," vol. 2, no. 4, pp. 61–78, 2015.
- [17] L. Una and H. Thomas, "Transporte urbano y emisiones de gases de efecto invernadero en América Latina. Una modelización de las emisiones de la movilidad urbana aplicada a Bogotá y Lima," 2023.