

Optimización del rendimiento de vehículos livianos M1 mediante monitoreo de comportamiento energético y dinámico

Performance optimization of M1 light-duty vehicles through dynamic and energetic behavior monitoring

Esteban Fernando López Espinel ^{1*}

E-mail: ua.estebanle84@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7502-3463>

Antonio Gabriel Castillo Medina ¹

E-mail: ua.antoniocastillo@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0045-7495>

Vinicio Sebastián Ribadeneira Ramírez ¹

E-mail: ua.viniciorr76@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2087-9038>

¹Universidad Regional Autónoma de los Andes (UNIANDES), Ambato. Ecuador.

*Autor para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

López Espinel, E. F., Castillo Medina, A. G., & Ribadeneira Ramírez, V. S. (2024). Optimización del rendimiento de vehículos livianos M1 mediante monitoreo de comportamiento energético y dinámico. *Revista Científica Cultura, Comunicación y Desarrollo*, 9(S1), 199-205. <http://rccd.ucf.edu.cu/index.php/rccd>

RESUMEN

Este estudio se propuso desarrollar un sistema integrado para el monitoreo y análisis del comportamiento dinámico y energético de vehículos livianos de la categoría M1. La investigación se enfocó en mejorar el diseño de los sistemas propulsores y en implementar estrategias de movilidad eléctrica, buscando optimizar el rendimiento de los vehículos y reducir el consumo energético y las emisiones contaminantes. Se utilizó un diseño de investigación descriptivo y exploratorio que combinó métodos cuantitativos y cualitativos. Se seleccionaron vehículos livianos M1, compatibles con el protocolo CAN, priorizando modelos eléctricos e híbridos modernos. La recolección de datos se llevó a cabo con tecnologías avanzadas, como el módulo CANmod.gps y el software SavvyCAN, que permitieron monitorear en tiempo real parámetros clave del comportamiento vehicular. Los resultados mostraron que estas tecnologías facilitaron la identificación de patrones de conducción ineficientes, optimizando así la gestión de flotas. Se demostró que un mejor control operativo no solo mejoró la eficiencia energética, sino que también contribuyó a la reducción de emisiones. Además, el análisis de los datos permitió detectar fallos operativos de manera temprana, lo que a su vez mejoró los sistemas de movilidad eléctrica. Se recomendó seguir explorando nuevas metodologías y tecnologías de monitoreo, así como abordar las cuestiones éticas y de ciberseguridad en la gestión de datos, abriendo nuevas oportunidades para la investigación en movilidad eléctrica y la ingeniería vehicular.

Palabras clave:

Vehículos livianos, Eficiencia energética, Emisiones contaminantes, Movilidad sostenible, Análisis de datos.

ABSTRACT

This study aimed to develop an integrated system for monitoring and analyzing the dynamic and energy behavior of M1 category light vehicles. The research focused on improving the design of propulsion systems and implementing electric mobility strategies, seeking to optimize vehicle performance and reduce energy consumption and polluting emissions. A descriptive and exploratory research design was used that combined quantitative and qualitative methods. M1 light vehicles, compatible with the CAN protocol, were selected, prioritizing modern electric and hybrid models. Data collection was carried out with advanced technologies, such as the CANmod.gps module and SavvyCAN software, which allowed real-time monitoring of key parameters of vehicle behavior. The results showed that these technologies facilitated the identification of inefficient driving patterns, thus optimizing fleet management. It was shown that better operational control not only improved energy efficiency, but also contributed to emissions reduction. Furthermore, data analysis enabled early detection of operational failures, which in turn improved electric mobility systems. Further exploration of new monitoring methodologies and technologies was recommended, as well as addressing ethical and cybersecurity issues in data management, opening up new opportunities for research in electric mobility and vehicle engineering.

Keywords:

Light vehicles, Energy efficiency, Pollutant emissions, Sustainable mobility, Data analysis.

Introducción

En los últimos años, la industria automotriz ha atravesado una transformación significativa con la adopción de tecnologías orientadas hacia la movilidad eléctrica. Este cambio no solo responde a la creciente preocupación por la sostenibilidad ambiental, sino también a la necesidad imperiosa de mejorar la eficiencia energética y económica en el sector del transporte (Basso, et. al., 2019). Las presiones ambientales y regulatorias, tales como la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y la dependencia de combustibles fósiles, han sido factores determinantes en la aceleración de esta transición (Zhang, et. al., 2020). De este modo, se ha generado un creciente interés en el desarrollo de métodos que permitan monitorear y analizar el comportamiento dinámico y energético de los vehículos, especialmente los livianos, categorizados bajo la subcategoría M1, que incluye tanto vehículos eléctricos como híbridos modernos. (Melman, et. al., 2021)

La relevancia de estudiar el comportamiento dinámico y energético de los vehículos M1 es indiscutible en el contexto actual, pues estos constituyen un segmento central en la estrategia de electrificación del transporte. Al respecto, investigaciones recientes han demostrado que el monitoreo preciso del comportamiento de estos vehículos es esencial para optimizar su diseño y funcionamiento, mejorando así la eficiencia de los sistemas propulsores y reduciendo el impacto ambiental (Zhao, et. al., 2020). Además, estudios recientes han puesto de relieve la importancia de la recolección de datos en tiempo real a través de sistemas como el Controller Área Network (CAN) y el On-Board Diagnostics II (OBD II), que permiten la adquisición detallada de datos clave como la aceleración, velocidad, consumo energético y otros parámetros fundamentales para el análisis dinámico de los vehículos eléctricos y convencionales (Din, et. al., 2019; Kang, et. al., 2018).

El Controller Área Network (CAN), en particular, se ha convertido en un estándar en la comunicación vehicular, permitiendo el intercambio de información entre numerosos dispositivos de control a bordo de los vehículos. Sin embargo, a pesar de sus beneficios, la interpretación de los datos CAN presenta grandes desafíos debido a la complejidad de su protocolo de comunicación. A este respecto, la ingeniería inversa se ha destacado como una técnica fundamental para descifrar y procesar la información obtenida del bus CAN, facilitando así el análisis y monitoreo del comportamiento dinámico y energético de los vehículos en tiempo real. Esto ha impulsado el desarrollo de herramientas de diagnóstico avanzadas y métodos de procesamiento de datos que permiten una mejor comprensión de los patrones de conducción, la eficiencia energética y las áreas de mejora operativa de los vehículos eléctricos e híbridos. (Din, et. al., 2019)

La literatura sobre movilidad eléctrica y dinámica vehicular ha crecido exponencialmente en los últimos años, reflejando la urgencia de abordar los desafíos asociados con la eficiencia y el rendimiento de los vehículos eléctricos. Diversos estudios han resaltado la importancia de analizar el consumo energético y su impacto en el desempeño de los vehículos. En particular, Basso et al. (2019) y Zhang et al. (2020) subrayan la necesidad de desarrollar modelos

precisos para la estimación del consumo de energía en vehículos eléctricos, un factor crucial para mejorar la autonomía y eficiencia de estos automóviles. Por su parte, Melman, et. al. (2021) y Zhao, et. al. (2020) han centrado sus investigaciones en la influencia que tienen los modos de conducción sobre la dinámica del vehículo, destacando que una conducción más eficiente puede contribuir significativamente a la reducción del consumo energético.

Paralelamente, ha surgido un creciente interés por parte de la comunidad científica en el desarrollo y aplicación de tecnologías avanzadas para el monitoreo y análisis de datos vehiculares. Herramientas como el CAN-BUS y el OBD II no solo permiten acceder a información sobre el estado de los sistemas a bordo, sino que también facilitan el diagnóstico de problemas y el análisis detallado del comportamiento dinámico de los vehículos. Según Zhu, et. al. (2018) y Kang, et. al. (2018), la implementación de estos sistemas de monitoreo ha demostrado ser altamente efectiva para realizar ingeniería inversa, lo cual es esencial para la comprensión profunda de los patrones de conducción y el comportamiento del sistema propulsor. La ingeniería inversa aplicada a la movilidad eléctrica permite, además, optimizar los procesos de mantenimiento, mejorando la eficiencia operativa y extendiendo la vida útil de los vehículos.

El uso combinado de tecnologías de monitoreo como el GPS y los sistemas CAN-BUS ha permitido obtener resultados significativos en términos de reducción del consumo de combustible y mejora en la gestión de flotas vehiculares. Buscemi, et. al. (2020) sugieren que la implementación de dispositivos de monitoreo GPS en vehículos ligeros, junto con el análisis de datos CAN, puede conducir a una gestión más eficiente de los recursos energéticos. Esto se debe a que los datos obtenidos permiten identificar y corregir patrones de conducción ineficiente, lo que no solo reduce el consumo de combustible, sino que también disminuye los costos asociados al mantenimiento de los vehículos (Rivero, 2014).

Por otro lado, la movilidad eléctrica ha introducido nuevos desafíos en cuanto al análisis del comportamiento dinámico y energético de los vehículos, sobre todo en lo que respecta a la gestión de la energía. Este aspecto es fundamental no solo para mejorar la eficiencia operativa, sino también para reducir el impacto ambiental del transporte. Galati, et. al. (2023) destacan que el monitoreo continuo y en tiempo real de los vehículos eléctricos es esencial para optimizar la eficiencia energética y reducir las emisiones de gases contaminantes. Además, la capacidad de obtener datos precisos sobre el comportamiento dinámico del vehículo permite realizar ajustes en el diseño y funcionamiento del sistema propulsor, contribuyendo así a la optimización del rendimiento del vehículo.

La importancia de estas herramientas de monitoreo y diagnóstico no radica únicamente en su capacidad para mejorar la eficiencia energética y el rendimiento dinámico de los vehículos. También proporcionan una plataforma sólida para la investigación en ingeniería automotriz, permitiendo a los investigadores identificar oportunidades de mejora y desarrollar soluciones innovadoras para los desafíos actuales de la movilidad eléctrica. De Hoog, et. al. (2020) argumentan que los avances en la detección e identificación

de señales continuas y discretas son cruciales para el desarrollo de soluciones escalables en la ingeniería inversa, lo que a su vez contribuirá al avance de la industria automotriz en su transición hacia la electrificación.

Por último, cabe destacar que la eficiencia operativa de los vehículos no depende únicamente de los avances tecnológicos en el monitoreo y análisis de datos. También es fundamental la correcta interpretación y aplicación de estos datos en la optimización de las estrategias de gestión de flotas y el diseño de vehículos más eficientes. Din, et. al. (2019) subrayan la importancia de realizar un análisis avanzado de los datos obtenidos a través de herramientas como el OBD y el CAN-BUS, ya que este tipo de análisis permite identificar patrones de conducción ineficientes y realizar ajustes para optimizar la eficiencia operativa de los vehículos, tanto a nivel individual como a nivel de flota.

Este estudio tiene como objetivo principal desarrollar un sistema integrado de monitoreo y análisis del comportamiento dinámico y energético de vehículos livianos de la categoría M1. A partir de este análisis, se pretende proponer mejoras tanto en el diseño de los sistemas propulsores como en la implementación de estrategias de movilidad eléctrica. Con ello, se busca contribuir a la optimización del rendimiento vehicular, reducir el consumo de energía y las emisiones contaminantes, promoviendo así un transporte más sostenible y eficiente.

Materiales y métodos

El diseño de investigación adoptado en este estudio fue de tipo descriptivo y exploratorio. Este enfoque permitió recopilar datos detallados sobre el comportamiento dinámico y energético de los vehículos, con el fin de desarrollar un sistema integrado de monitoreo que empleara tecnologías avanzadas. La investigación siguió un enfoque metodológico mixto, combinando la obtención de datos cuantitativos derivados de dispositivos de monitoreo con un análisis cualitativo de los patrones observados.

La muestra seleccionada para este estudio incluyó vehículos livianos clasificados dentro de la subcategoría M1, la cual engloba automóviles diseñados para el transporte de pasajeros, con un máximo de ocho asientos, sin contar el del conductor. Los vehículos seleccionados debían cumplir con un criterio técnico fundamental: la compatibilidad con el protocolo CAN. Este estándar de comunicación fue indispensable para la extracción de datos relacionados con el comportamiento del vehículo y su interacción con los diferentes sistemas electrónicos a bordo. Se priorizó la inclusión de vehículos eléctricos e híbridos modernos, debido a su creciente presencia en el mercado y la relevancia de estos tipos de vehículos para la investigación sobre movilidad eléctrica. La selección final abarcó un conjunto representativo de vehículos con distintas características técnicas en términos de propulsión, peso, y tecnología embarcada, lo que permitió obtener un panorama diversificado de las condiciones de operación.

La recolección de datos se realizó utilizando un conjunto de herramientas tecnológicas avanzadas. El principal equipo de monitoreo fue el CANmod.gps, un módulo que permite la recolección de datos de vehículos a través del protocolo CAN, complementado con un sistema de

geoposicionamiento que registró la posición espacial, velocidad y altitud en tiempo real. Este dispositivo fue seleccionado debido a su capacidad de integrar datos dinámicos y energéticos, y por su flexibilidad en la recopilación continua de información. Adicionalmente, se empleó el software SavvyCAN, una herramienta de análisis de datos CAN que facilitó la interpretación y visualización de la información obtenida. La configuración inicial del sistema incluyó la instalación y calibración de estos dispositivos en cada uno de los vehículos seleccionados. Durante este proceso, se capturaron parámetros clave del comportamiento dinámico de los vehículos, como la velocidad, la aceleración, y la posición geoespacial. La precisión de estos datos fue esencial para la evaluación de la eficiencia energética en diferentes escenarios de conducción.

Las pruebas de conducción se realizaron en condiciones reales de operación, abarcando distintos tipos de vías y entornos, con el objetivo de representar una amplia gama de condiciones de conducción que influyeran en el comportamiento dinámico y energético de los vehículos. Se realizaron pruebas en vías urbanas, interurbanas y en autopistas, a fin de evaluar el desempeño de los vehículos en situaciones de tráfico denso, velocidad constante y aceleraciones bruscas, entre otras condiciones. Durante las pruebas, los dispositivos de monitoreo registraron de manera continua los datos de los vehículos, permitiendo la observación de transiciones dinámicas como frenados, aceleraciones y cambios en la topografía de las rutas. La duración de las pruebas varió en función de las características del terreno y las condiciones del tráfico, con el fin de obtener una muestra de datos representativa y robusta.

Una vez finalizadas las pruebas de conducción, los datos recopilados fueron descargados y procesados utilizando software especializado en el análisis de datos CAN. Este proceso incluyó la limpieza y estructuración de la información, eliminando cualquier registro redundante o incompleto que pudiera afectar la precisión de los resultados. Los datos fueron organizados en matrices que permitieron su posterior análisis, considerando variables como la velocidad, aceleración, posición, y otros factores dinámicos y energéticos relevantes. La utilización del software SavvyCAN facilitó la identificación de patrones de conducción a partir de los datos obtenidos, proporcionando representaciones visuales claras que permitieron identificar posibles áreas de mejora en el comportamiento energético de los vehículos.

El análisis de los datos se centró en evaluar la relevancia y pertinencia de la información en relación con los objetivos del estudio. Esto incluyó la identificación de patrones de conducción que pudieran influir en la eficiencia energética de los vehículos, así como la evaluación de las condiciones de operación bajo las cuales se observaba un consumo de energía más elevado. Se analizaron tendencias relacionadas con la velocidad promedio, los tiempos de inactividad, la eficiencia en el uso de la energía en diferentes topografías, y la variabilidad en el consumo energético en función de la aceleración y frenado. El análisis permitió identificar las condiciones óptimas para la conducción eficiente, así como las áreas donde los vehículos mostraron una mayor demanda energética.

Además, se implementó un análisis cualitativo para contextualizar los hallazgos y entender los factores que afectaban el comportamiento dinámico y energético de los vehículos. Se consideraron factores externos, como las condiciones del tráfico y las características del terreno, así como aspectos internos, como la configuración del sistema de propulsión y la respuesta de los sistemas de control electrónico del vehículo. Este análisis integrador permitió obtener conclusiones significativas sobre cómo optimizar el rendimiento de los vehículos livianos de categoría M1, tanto en términos de eficiencia energética como de dinámica de conducción.

La Tabla 1 muestra una descripción de las herramientas clave utilizadas en el estudio para el monitoreo y análisis de los vehículos. Cada columna detalla las características técnicas de estos dispositivos y software en términos de sus capacidades para recopilar y analizar datos relacionados con el comportamiento dinámico y energético de los vehículos.

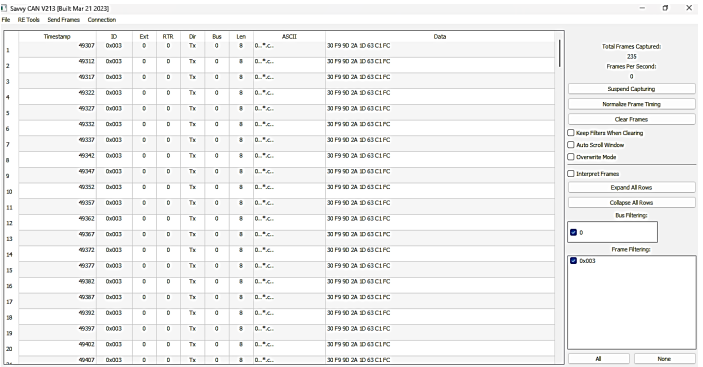
Tabla 1. Especificaciones técnicas de los equipamientos.

Característica	CANmod.gps	GPS de CSS Electronics	SavvyCAN
Tipo de Dispositivo	Módulo de Monitoreo GPS con soporte CAN	Receptor GPS con capacidades de comunicación CAN	Software de Análisis de Datos CAN
Compatibilidad CAN	Sí	Sí	Sí
Compatibilidad OBD II	No	No	Sí, para la lectura y análisis de datos
Precisión de GPS	Alta	Alta	N/A (Software)
Canal de Lectura	9	N/A	N/A (Software)
Parámetros Medidos	Altitud, Actitud, Velocidad, Odómetro, Orientación, Geocercas	Posición, Velocidad, Orientación, Tiempo	Datos del Bus CAN, incluyendo mensajes, IDs, datos de sensores, etc.
Software de Configuración	Dispositivo independiente	N/A	Disponible
Método de Almacenamiento	Local (en el propio dispositivo)	N/A	N/A (Software)
Interfaz de Usuario	Pantalla Integrada y Panel de Control	N/A	Interfaz Gráfica de Usuario (GUI)
Aplicaciones	Monitoreo de Vehículos, Análisis de Rutas	Seguimiento de Flotas, Navegación, Recopilación de Datos para Análisis	Análisis Avanzado de Datos del Bus CAN, Identificación de Patrones de Comportamiento, Optimización de Rutas, etc.
Fabricante	CSS Electronics	CSS Electronics	Disponible gratuitamente para la comunidad de desarrollo

Fuente: Elaboración propia.

Durante la ejecución de las pruebas, se llevó a cabo la instalación y configuración del software SavvyCAN, así como de los dispositivos de posicionamiento y acelerómetros, lo que permitió la extracción de datos esenciales para el análisis. En la Figura 1 se presentan los datos obtenidos mediante una configuración continua de monitoreo, lo que asegura un flujo constante de información sobre el comportamiento dinámico del vehículo en tiempo real. Este sistema capturó datos de manera eficiente, permitiendo el seguimiento detallado de diversas variables clave.

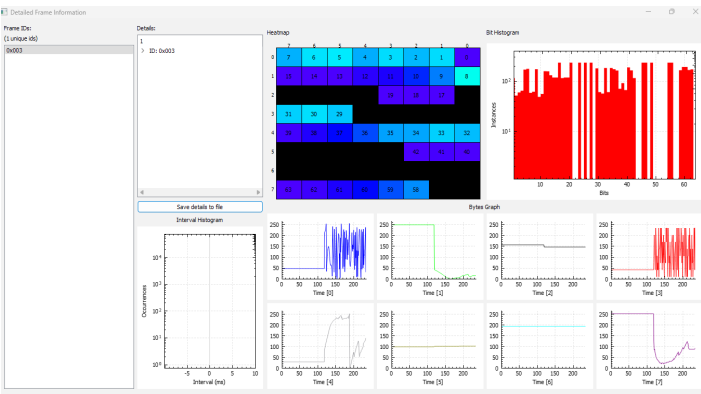
Fig. 1: Configuración continua de monitoreo.



Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se procesaron los datos de variabilidad de la posición del vehículo, generando un histograma que refleja las fluctuaciones detectadas por el sistema GPS. Este análisis, ilustrado en la Figura 2, permite visualizar cómo varía la posición del vehículo a lo largo de la ruta. El procesamiento y visualización de estos datos aportan una comprensión clara de los cambios posicionales en función de las condiciones dinámicas del vehículo.

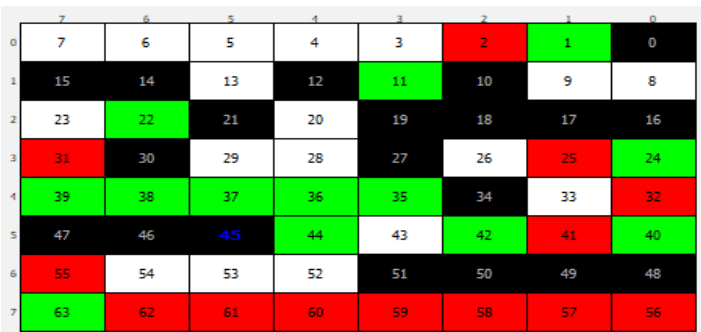
Fig. 2: Extracción de variabilidad de datos GPS.



Fuente: Elaboración propia.

Además, se capturaron y analizaron los datos de variabilidad del acelerómetro, como se muestra en la Figura 3. Estos datos proporcionan información relevante sobre las aceleraciones experimentadas por el vehículo, permitiendo evaluar el impacto de la dinámica de conducción en el consumo de energía y en el rendimiento general del sistema. La representación de estos datos en forma de agrupaciones facilita la identificación de patrones de comportamiento que pueden ser relevantes para la optimización de las estrategias de conducción.

Fig. 3: Agrupación de datos de acelerómetro.

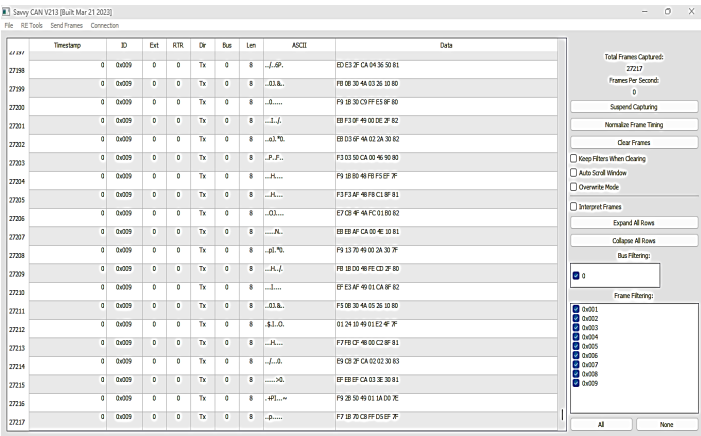


Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los resultados de velocidad obtenidos durante la ruta, estos se presentan también en la Figura 3. La concentración de datos de velocidad ofrece una visión clara de cómo se comporta el vehículo en diferentes tramos de la ruta, permitiendo identificar posibles oportunidades para mejorar la eficiencia operativa. Estos resultados son fundamentales para comprender las dinámicas de aceleración y desaceleración del vehículo y su relación con el consumo energético.

Finalmente, en la última parte de la prueba, se desplegaron configuraciones adicionales para la extracción de datos ampliados, como se aprecia en la Figura 4. Este paso permitió ajustar la información capturada para un análisis más exhaustivo, con el objetivo de identificar patrones de conducción que podrían influir en la implementación de mejoras en la movilidad eléctrica.

Fig. 4: Agrupación de datos de acelerómetro.



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del estudio mostraron que la incorporación de tecnologías avanzadas de monitoreo, transformó la manera en que se puede observar y analizar el comportamiento dinámico y energético de los vehículos livianos. Uno de los hallazgos más notables fue la habilidad del sistema para proporcionar información precisa sobre la ubicación y el rendimiento de cada vehículo en tiempo real. Esto significó que los gestores de flotas pudieron obtener una visión clara y detallada del comportamiento de cada unidad en su operación. Este tipo de monitoreo, que se lleva a cabo en tiempo real, no solo facilitó la identificación de áreas de mejora en cuanto a la conducción y la eficiencia energética, sino que también empoderó a los responsables de la toma de decisiones para optimizar las operaciones con base en datos concretos.

A medida que se analizaron los datos recolectados a través de estas tecnologías, quedó claro que era posible detectar patrones de conducción ineficientes. Esta capacidad permitió ajustar rutas y optimizar la planificación operativa, lo que se alinea con lo que otros estudios han demostrado: el análisis de datos en tiempo real a través de sistemas CAN puede tener un impacto significativo en la reducción de costos operativos y en la mejora de la seguridad vial. Investigaciones previas, como las de Basso, et. al. (2019), también habían destacado la importancia de estos sistemas para maximizar el rendimiento de las flotas, y nuestros resultados reflejaron estas tendencias.

Además, los hallazgos indicaron que la integración de CANmod.gps no solo mejoró la operación desde el punto de vista de costos y eficiencia energética, sino que también tuvo un efecto positivo en la seguridad y en la reducción de emisiones contaminantes. Al minimizar la variabilidad en los ciclos de conducción mediante una planificación más eficiente de las rutas y la detección de comportamientos ineficaces, se logró reducir las emisiones de gases de

efecto invernadero, contribuyendo así a un menor impacto ambiental.

Un aspecto que merece especial énfasis es la versatilidad y la potencia de SavvyCAN como herramienta de análisis de datos. Este software no solo facilitó la captura y decodificación de datos CAN, sino que también permitió un análisis detallado y robusto. Así, los ingenieros pudieron obtener información valiosa para la toma de decisiones. Este resultado concuerda con otras investigaciones en el campo, que resaltan la importancia de contar con herramientas avanzadas para decodificar datos CAN en tiempo real y su capacidad para mejorar la eficiencia operativa. Gracias a esta herramienta, se interpretó de manera más efectiva la información recopilada, lo que llevó a la identificación temprana de fallos operativos y a la implementación de mejoras en los sistemas de movilidad eléctrica.

Al comparar estos resultados con estudios anteriores, se evidenció una clara coherencia con las tendencias actuales en la gestión de flotas y la optimización de la eficiencia operativa. Investigaciones, como las de Zhao, et. al. (2020), mostraron que la implementación de tecnologías de monitoreo como CANmod.gps puede resultar en una mayor puntualidad en las entregas, así como en una planificación de rutas más efectiva, mejorando así la seguridad tanto para conductores como para pasajeros.

Sin embargo, a pesar de que los resultados obtenidos fueron en su mayoría positivos, también se identificaron áreas donde es necesario realizar mejoras. Uno de los desafíos más importantes fue la necesidad de seguir explorando nuevas tecnologías y metodologías de análisis de datos que puedan proporcionar información más valiosa para la optimización de la gestión de flotas. A pesar de que SavvyCAN y CANmod.gps demostraron ser herramientas efectivas, es esencial desarrollar nuevas técnicas que ofrezcan un análisis más profundo y predictivo del comportamiento vehicular.

Además, no se puede pasar por alto la relevancia de abordar los aspectos éticos y de privacidad en la recopilación y uso de datos vehiculares. La creciente capacidad para monitorear en tiempo real el comportamiento de los vehículos genera preocupaciones sobre la protección de la información personal y la ciberseguridad. Por lo tanto, resulta crucial que cualquier implementación futura de estos sistemas se adhiera a las normativas y regulaciones de privacidad vigentes, asegurando así que los datos sean utilizados de manera responsable. Esto implica que se necesita un enfoque más riguroso para integrar prácticas de ciberseguridad en el manejo de datos obtenidos a través de tecnologías como CAN y otros sistemas de monitoreo.

Conclusiones

En el estudio se realizó un análisis del comportamiento dinámico y energético de vehículos livianos de categoría M1, utilizando un sistema integrado de monitoreo. Esta investigación permitió identificar patrones de conducción ineficientes y evaluar cómo diferentes condiciones operativas afectan el rendimiento energético de los vehículos. Mediante tecnologías avanzadas como CANmod.gps y SavvyCAN, se logró una recolección de datos precisa y un análisis detallado, proporcionando una visión clara de las

áreas que requieren mejora en eficiencia y seguridad. Este enfoque resultó en una notable optimización del rendimiento vehicular, además de una disminución en el consumo energético y las emisiones contaminantes.

Los resultados destacaron la importancia de utilizar tecnologías de monitoreo en tiempo real para gestionar flotas de forma más eficaz, optimizando así las operaciones de transporte. Gracias a la capacidad del sistema para ofrecer información precisa sobre la ubicación y el rendimiento de los vehículos, los gestores de flotas pudieron tomar decisiones informadas que mejoraron tanto la eficiencia operativa como la seguridad vial. Asimismo, el estudio puso de relieve la importancia de las herramientas de análisis de datos, demostrando cómo SavvyCAN facilitó la identificación temprana de fallos operativos y la implementación de mejoras en los sistemas de movilidad eléctrica, contribuyendo a un transporte más sostenible.

Es esencial seguir explorando nuevas tecnologías y metodologías que permitan un análisis más profundo y predictivo del comportamiento vehicular, así como abordar las cuestiones éticas y de privacidad relacionadas con la recopilación de datos. Integrar prácticas de ciberseguridad en el manejo de la información obtenida a través de tecnologías de monitoreo será crucial para asegurar un uso responsable y seguro de los datos. Esto, a su vez, puede abrir nuevas oportunidades para la investigación y el desarrollo en movilidad eléctrica e ingeniería vehicular.

Referencias bibliográficas

- Basso, R., Kulcsár, B., Egardt, B., Lindroth, P., & Sanchez-Diaz, I. (2019). Energy consumption estimation integrated into the electric vehicle routing problem. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 69, 141–167. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1361920918304760>.
- Buscemi, A., Castignani, G., Engel, T., & Turcanu, I. (2020). *A data-driven minimal approach for CAN bus reverse engineering*. IEEE 3rd Connected and Automated Vehicles Symposium (CAVS), 1–5. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9334650/>.
- De Hoog, J., Bogaerts, T., Casteels, W., Mercelis, S., & Hellinckx, P. (2020). *Online reverse engineering of CAN data*. *Internet of Things*, 11, 100232. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2542660520300652>.
- Din, M. A. C., Rahman, M. T. A., Munir, H. A., Rahman, A., & Hamid, A. F. A. (2019). Development of CAN Bus Converter for On Board Diagnostic (OBD-II) System. IOP Conference Series: *Materials Science and Engineering*, 705(1), 12011. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/705/1/012011/meta>.
- Galati, A., Adamashvili, N., & Crescimanno, M. (2023). A feasibility analysis on adopting electric vehicles in the short food supply chain based on GHG emissions and economic costs estimations. *Sustainable Production and Consumption*, 36, 49–61. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352550923000015>.

- Kang, T. U., Song, H. M., Jeong, S., & Kim, H. K. (2018). *Automated reverse engineering and attack for CAN using OBD-II*. IEEE 88th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall), 1–7. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8690781>.
- Melman, T., de Winter, J., Mouton, X., Tapus, A., & Abbink, D. (2021). How do driving modes affect the vehicle's dynamic behaviour? Comparing Renault's Multi-Sense sport and comfort modes during on-road naturalistic driving. *Vehicle System Dynamics*, 59(4), 485–503. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00423114.2019.1693049>
- Rivero, A. Á. L. (2014). De sistema mecánico a sistema tecnológico complejo. El caso de los automóviles. *Contaduría y Administración*, 59(2), 11–39. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0186104214712537>.
- Zhang, J., Wang, Z., Liu, P., & Zhang, Z. (2020). Energy consumption analysis and prediction of electric vehicles based on real-world driving data. *Applied Energy*, 275, 115408. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030626192030920X>.
- Zhao, X., Zhao, X., Yu, Q., Ye, Y., & Yu, M. (2020). Development of a representative urban driving cycle construction methodology for electric vehicles: A case study in Xi'an. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 81, 102279. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1361920918303274>.
- Zhu, L., Yu, F. R., Wang, Y., Ning, B., & Tang, T. (2018). Big data analytics in intelligent transportation systems: A survey. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 20(1), 383–398. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8344848>.