

Análisis de la implementación de soluciones de inteligencia artificial y su relación con la eficiencia operativa y la intensidad de carbono del transporte de carga terrestre en Colombia (2022–2025).

Estudiantes:

Melanie Bonfante Pacheco

Código estudiantil:

201812092100

Ferney Duban Gonzalez Vargas

Código estudiantil:

202011421459

Trabajo de Investigación presentado como requisito para optar el título de: **Especialista en Logística y Negocios Internacionales**

Tutor(es):

Yolanda Vega Sampayo

RESUMEN

El transporte de carga terrestre constituye uno de los principales contribuyentes a las emisiones de gases de efecto invernadero en Colombia, en un contexto caracterizado por ineficiencias operativas estructurales y alta dependencia de combustibles fósiles. En este escenario, la inteligencia artificial (IA) ha sido señalada como una herramienta con potencial para optimizar procesos logísticos y mejorar el desempeño ambiental del sector. El objetivo de esta investigación fue analizar la relación documentada entre la implementación de soluciones de inteligencia artificial y los indicadores de eficiencia operativa e intensidad de carbono del transporte de carga terrestre en Colombia durante el periodo 2022-2025. Se adoptó un enfoque cualitativo con alcance descriptivo-analítico, mediante una revisión documental sistematizada de literatura científica y técnica reciente, cuya información fue organizada en una matriz de análisis que permitió identificar tipos de soluciones de IA implementadas, indicadores operativos reportados e indicadores ambientales asociados. Los resultados evidencian que la adopción de herramientas basadas en optimización de rutas, gestión inteligente de flotas y analítica predictiva se relaciona consistentemente con mejoras en eficiencia operativa, particularmente en la reducción de tiempos improductivos y mejor utilización de la capacidad vehicular. Asimismo, se identificó una asociación indirecta entre estas mejoras y la disminución potencial de la intensidad de carbono, aunque la medición explícita de indicadores ambientales en estudios nacionales aún es limitada. Se concluye que la implementación de inteligencia artificial representa una oportunidad estratégica para fortalecer la eficiencia y sostenibilidad del transporte de carga terrestre en Colombia, aunque se requiere mayor integración de métricas ambientales en futuras investigaciones.

Palabras clave:

Inteligencia artificial; transporte de carga terrestre; eficiencia operativa; intensidad de carbono; sostenibilidad logística.

ABSTRACT

Road freight transport is one of the main contributors to greenhouse gas emissions in Colombia, within a context characterized by structural operational inefficiencies and high dependence on fossil fuels. In this scenario, artificial intelligence (AI) has been identified as a tool with the potential to optimize logistics processes and improve the environmental performance of the sector. The objective of this research was to analyze the documented relationship between the implementation of artificial intelligence solutions and the indicators of operational efficiency and carbon intensity in road freight transport in Colombia during the period 2022-2025. A qualitative approach with a descriptive-analytical scope was adopted through a systematized documentary review of recent scientific and technical literature. The information was organized into an analytical matrix to identify types of AI solutions implemented, reported operational indicators, and associated environmental indicators. The findings show that the adoption of tools based on route optimization, intelligent fleet management, and predictive analytics is consistently associated with improvements in operational efficiency, particularly in the reduction of idle times and better vehicle capacity utilization. An indirect association was also identified between these operational improvements and the potential reduction of carbon intensity, although the explicit measurement of environmental indicators in national studies remains limited. It is concluded that the implementation of artificial intelligence represents a strategic opportunity to strengthen the efficiency and sustainability of road freight transport in Colombia; however, greater integration of environmental metrics in future research is required.

Key Words: Artificial intelligence; road freight transport; operational efficiency; carbon intensity; logistics sustainability.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Amado Mateus, M. (2024). La dualidad de la inteligencia artificial en la sostenibilidad de las cadenas de suministro: una revisión narrativa. *European Public & Social Innovation Review*. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-552>
2. Angarita Montes, J. F., Gutiérrez Herrera, A. C., & Márquez Joya, J. E. (2023). Propuesta para el aseguramiento de la prestación del servicio de transporte de carga terrestre en Transportes Okendo SAS con la incorporación de tecnologías digitales [Monografía, Universidad Piloto de Colombia]. Repositorio Institucional Universidad Piloto de Colombia. <https://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/13919>
3. Arroyo Palacios, J. C. (2025). Incidencia de la logística 4.0 en las empresas de transporte terrestre en los municipios de Cali, Palmira y Yumbo. Repositorio UCEVA. <http://hdl.handle.net/20.500.12993/4957>
4. Calatayud, A., Katz, R., & Riobó, A. (2022). Impulsando la transformación digital del transporte en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <http://dx.doi.org/10.18235/0004233>
5. Calatayud, A., Rivas, M. E., Camacho, J., Beltrán, C., Ansaldo, M., & Café, E. (2023). Transportation 2050: Pathways to decarbonization and climate resilience in Latin America and the Caribbean. Inter-American Development Bank. <http://dx.doi.org/10.18235/0005196>

6. Chen, W., Men, Y., Fuster, N., Osorio, C., & Juan, A. A. (2024). Artificial intelligence in logistics optimization with sustainability considerations. *Sustainability*, 16(21), 9145. <https://doi.org/10.3390/su16219145>
7. El Transporte. (2024). El 69 % de los viajes en Colombia se hacen vacíos y sin carga. <https://eltransporte.com/el-69-de-los-viajes-en-colombia-se-hacen-vacios-y-sin-carga-2/>
8. Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, 120(3), 253–290. <https://doi.org/10.2307/2343100>
9. Foro Económico Mundial. (2025). Intelligent transport, greener future: AI as a catalyst to decarbonize global logistics. WEF. https://reports.weforum.org/docs/WEF_Intelligent_Transport_Greener_Future_2025.pdf
10. GHG Protocol. (2023). Corporate value chain (Scope 3) accounting and reporting standard. <https://ghgprotocol.org/standards/scope-3-standard>
11. Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6.^a ed.). McGraw-Hill. https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf
12. International Energy Agency. (2023). Transport sector CO₂ emissions. IEA. <https://www.iea.org/reports/transport>

13. International Organization for Standardization. (2006). ISO 14040: Environmental management—Life cycle assessment—Principles and framework. ISO. <https://www.iso.org/standard/37456.html>
14. IPCC. (2022). Climate change 2022: Mitigation of climate change. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>
15. ITF–OCDE. (2023). Perspectivas del transporte 2023. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/b6cc9ad5-en>
16. La República. (2024, 5 de marzo). Viajes de transporte vacíos y sin carga se ubican en 69 %: incrementa la huella CO₂. <https://www.larepublica.co/economia/viajes-de-transporte-vacios-y-sin-carga-se-ubican-en-69-incrementa-la-huella-co2-3814605>
17. Lugo Cedano, C. J. (2022). Evaluación del potencial de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero derivado de la implementación de proyectos de digitalización en el transporte. <https://hdl.handle.net/11059/14567>
18. Martínez Barraza, M. P., Castro Gastélum, O. M., Ozuna, A. G., & Ruiz Benítez, A. G. (2025). El transporte de carga terrestre sustentable y eficiente en el sur del estado de Sonora. Veritas. <https://doi.org/10.61616/rvdc.v6i1.475>
19. McKinsey & Company. (2023). AI-driven logistics and supply chain optimization. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights>

20. Medina Cano, A. G., Pulido Sánchez, D. X., & Quiñones Niño, B. de los A. (2024). Análisis en la implementación de logística 4.0 aplicada en la cadena de suministro sostenible en Colombia [Trabajo de grado, Universidad Cooperativa de Colombia]. <https://hdl.handle.net/20.500.12494/54341>
21. OECD. (2023). Decarbonizing transport pathways. OECD Publishing. <https://www.itf-oecd.org/decarbonising-transport>
22. Rodrigue, J. P. (2020). The geography of transport systems (5th ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429346323>
23. Rogers, E. M. (2003). Diffusion of innovations (5th ed.). Free Press. <https://doi.org/10.1016/j.jmig.2007.07.001>
24. Russell, S., & Norvig, P. (2021). Artificial intelligence: A modern approach (4th ed.). Pearson. <https://people.engr.tamu.edu/guni/csce625/slides/AI.pdf>
25. Sepúlveda Saldarriaga, C. A. (2024). El impacto de la inteligencia artificial en la logística y en la optimización de rutas de transporte en el Valle de Aburrá para reducir tiempos y costos en las pymes. <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/19615>
26. Urquiza Cuéllar, M. L. (2022). Importancia de la implementación de sistemas inteligentes como apoyo a la gestión del transporte terrestre automotor de carga en Colombia [Monografía, Universidad Piloto de Colombia]. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/11655>
27. Vásquez, D. M., Robayo Roa, D. E., Avendaño Beltrán, O. S., & Susa Puentes, O. L. (2024). Desarrollo de un tablero de control para el área logística y financiera de una empresa de transporte de carga [Seminario de investigación de posgrado, Universidad EAN]. <http://hdl.handle.net/10882/14502>