



Transporte Terrestre Inteligente y Visibilidad Integral: *IoT, Plataformas TMS y ETA Predictivo*

Parte 3: La Flota del Futuro

Preparado: Einar Díaz y Alvaro Lasso

Centro de Innovación e Investigaciones Logísticas Georgia Tech Panamá

© Georgia Tech Panama Foundation, 2026
Centro de Innovación e Investigaciones Logísticas
Marbella Office Plaza, Oficina 5B, Avenida Aquilino de la Guardia, Bella Vista,
Ciudad de Panamá. 2026

Primera edición Octubre de 2026
ISBN: 000-0000-0000-0-0
Preparado por: Einar Díaz, Alvaro Lasso
Editado por: Jorge Barnett
Diseño gráfico: Carlos Santos

Todos los derechos reservados. Está prohibida la reproducción total o parcial de este documento, su recopilación en un sistema informático, su transmisión en cualquier forma o medida, ya sea electrónica, mecánica, por fotocopia, registro o bien por otros medios, sin el previo permiso por escrito de la editorial.



Esta obra está bajo una licencia CC BY-NC-SA 4.0 de Creative Commons.
Para ver una copia de esta licencia, visita:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Recomendación para citación de este documento:

Díaz, E., Lasso, A. (2026). *Transporte Terrestre Inteligente y Visibilidad Integral: IoT, Plataformas TMS Y ETA Predictivo. Parte 3: La Flota del Futuro*. Centro de Innovación e Investigaciones Logísticas Georgia Tech Panamá. Octubre 2026.

Descargo de responsabilidad:

Este documento es producto de una investigación profesional sobre una temática en constante evolución. Las opiniones expresadas son exclusivamente de los autores y no reflejan necesariamente el punto de vista de Georgia Tech Panama Foundation ni de Georgia Institute of Technology. Aunque se ha procurado la exactitud del contenido al momento de su publicación, no se garantiza ni se asume responsabilidad por cambios posteriores, errores u omisiones, ni por daños derivados del uso de esta información.

Cualquier marca, empresa o producto mencionado se incluye con fines ilustrativos y analíticos; su mención no implica aval, patrocinio ni aprobación (explícita o implícita), y su omisión no implica juicio de valor alguno.

Aplican términos adicionales. Para más información visite www.gatech.pa/aviso-legal

Contenido

1.	Sostenibilidad y sistemas ADAS	2
1.1	Electrificación	2
1.2	Sistemas ADAS en flotas	4
1.3	Vehículos autónomos	5
2.	ETA predictivo mediante IA	6
2.1	Algoritmos de IA para la ETA	8
2.2	Variables críticas para la predicción del ETA	8
2.3	Aplicaciones de IA en tiempo real	9
	Referencias	12

Índice de Figuras

Figura 1.	BLK auto camión eléctrico	2
Figura 2.	Sensores ADAS frontales	4
Figura 3.	ETA predictivo y su integración con la IA	7

1. Sostenibilidad y sistemas ADAS

1.1 Electrificación

La **electrificación del transporte terrestre de carga** se ha convertido en una estrategia clave para la **descarbonización de la logística**, debido a que este sector genera una parte importante de las emisiones globales de CO₂. Más allá de representar un cambio tecnológico, esta transición *implica una transformación estructural de la cadena de suministro y de la planificación del transporte, modificando la forma en que operan las empresas logísticas y los sistemas de distribución.*

La incorporación de **camiones eléctricos** produce impactos directos en las operaciones de transporte. Aunque estos vehículos presentan costos de adquisición más elevados, principalmente por el valor de las baterías, se espera que sus **costos operativos y de mantenimiento sean menores que los de los vehículos diésel**. Sin embargo, el peso de las baterías reduce la capacidad de carga útil y los tiempos de recarga son más prolongados que el abastecimiento tradicional de combustible, lo que introduce nuevas variables en la productividad y programación de rutas.

Figura 1. BLK auto camión eléctrico



Fuente: Australian Electric Vehicle Association EV Expo (2022) Camión eléctrico BLK Auto, ejemplo en exhibición en Canberra, agosto de 2022

Esta electrificación genera efectos indirectos o “efecto dominó” dentro de la logística. La planificación de flotas se vuelve más compleja debido a la necesidad de coordinar **paradas de recarga** y posibles desvíos hacia **estaciones eléctricas**. En consecuencia, la reducción de la capacidad de carga podría incrementar la frecuencia de los envíos para cubrir la misma demanda, aumentando la congestión vial y la presión sobre la **infraestructura de carga**. Esta situación también impulsa cambios en los modelos de negocio, *favoreciendo alternativas como el leasing operativo o financiero frente a la compra tradicional de vehículos*. De igual manera, la ubicación de almacenes y centros de distribución comienza a depender no solo de factores logísticos, sino también del acceso a redes eléctricas y puntos de recarga.

Uno de los mayores desafíos de esta transición está relacionado con la dependencia entre la expansión de la infraestructura de carga y la adopción masiva de camiones eléctricos. Las empresas dudan en invertir en vehículos eléctricos si no existe una **red de carga** suficiente, mientras que los proveedores de infraestructura tienen pocos incentivos para desarrollar **estaciones** si la demanda aún es limitada. Esto hace necesaria una coordinación estrecha entre fabricantes, empresas energéticas y gobiernos.

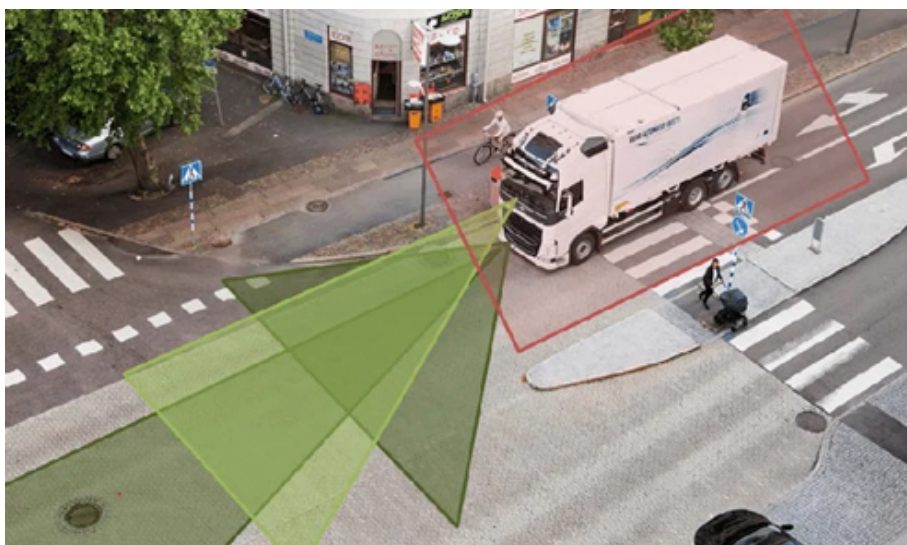
También existe un equilibrio técnico entre el tamaño de las baterías y la disponibilidad de **infraestructura de carga rápida**. Las baterías grandes ofrecen mayor autonomía, pero aumentan el costo y el peso del vehículo, mientras que las pequeñas reducen el costo inicial, aunque dependen más de la carga rápida y pueden generar tiempos de espera. Para acelerar esta transición, los gobiernos y organismos internacionales han comenzado a **implementar políticas públicas orientadas a incentivar la movilidad eléctrica**. Entre las principales medidas se encuentran subsidios para la compra de vehículos eléctricos, apoyo a la construcción de infraestructura de carga y energías renovables, **así como incentivos económicos relacionados con el precio de la electricidad**. Paralelamente, se promueven impuestos a los combustibles fósiles, metas estrictas de reducción de emisiones y programas de

concienciación sobre sostenibilidad y cambio climático dirigidos tanto a transportistas como a empresas del sector logístico.^[1]

1.2 Sistemas ADAS en flotas

Los **Sistemas Avanzados de Asistencia al Conductor (ADAS)** son tecnologías desarrolladas para apoyar las tareas de conducción, incrementar la seguridad vial y automatizar determinadas funciones de los vehículos utilizados en operaciones logísticas. Estas herramientas representan una etapa intermedia hacia la implementación de vehículos totalmente **autónomos**, constituyendo una base tecnológica esencial para el desarrollo de la **conducción inteligente**.

Figura 2. Sensores ADAS frontales



Fuente: Towards Autonomous Vehicles with Advanced Sensor Solutions – Scientific Figure on ResearchGate. (2015). <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=60465>

Entre los **sistemas ADAS** más utilizados en flotas de transporte se encuentra el **Control de Crucero Adaptativo (ACC)**, que *ajusta automáticamente la velocidad del vehículo y mantiene una distancia segura con otros vehículos en circulación y peatones*. La Figura 6 evidencia el funcionamiento de estos sensores en un entorno urbano. También destacan las **Advertencias de Cambio o Salida de Carril (LDW)**, encargadas de alertar al conductor cuando el vehículo se desvía

de su trayectoria. De la misma manera, los **Sistemas de Asistencia para el Mantenimiento de Carril (LKAS)**^[2] ayudan a corregir la dirección para mantener el vehículo dentro del carril. Finalmente, los **sistemas anticolidión** *permiten detectar obstáculos y activar automáticamente el frenado para reducir riesgos y evitar accidentes cuando la respuesta del conductor no es suficientemente rápida.*

1.3 Vehículos autónomos

El uso de **sensores y tecnologías de conducción autónoma** constituye una innovación importante dentro de la logística moderna, ya que permite replicar capacidades humanas relacionadas con la conducción y el control de vehículos. Para garantizar un funcionamiento seguro, estos sistemas utilizan una estructura integrada por sensores, computadoras de procesamiento y actuadores, los cuales **convierten la información recopilada en acciones mecánicas y decisiones operativas en tiempo real.**

Los sensores cumplen una función esencial, ya que *permiten al vehículo percibir y analizar su entorno mediante la transformación de variables físicas en señales electrónicas.* Entre los más utilizados se encuentran las cámaras, que proporcionan una visión amplia del entorno y permiten monitorear áreas alrededor del vehículo; los **sistemas RADAR**, empleados para medir distancias y velocidad de objetos; y la **tecnología LIDAR**, que genera representaciones tridimensionales detalladas mediante nubes de puntos para mejorar la percepción del entorno. De esta manera, los sensores ultrasónicos ayudan a detectar objetos cercanos, mientras que tecnologías como **GPS, giroscopios, sensores de inercia y sistemas de odometría** *aportan información sobre orientación, ubicación, velocidad y movimiento del vehículo.*

La incorporación de estas tecnologías en el transporte logístico ofrece diversos beneficios operativos. Destacando una mejor coordinación en la cadena de suministro, reduciendo congestiones y optimizando los tiempos de entrega. *También contribuye a aumentar la seguridad vial,* ya que los sistemas automatizados disminuyen los riesgos asociados a

errores humanos, considerados una de las principales causas de accidentes. Por otra parte, la conducción inteligente favorece la eficiencia energética al reducir el consumo de combustible y las emisiones contaminantes. En el transporte de carga, estas tecnologías también *permiten optimizar recorridos de larga distancia, reduciendo la dependencia continua de conductores y mejorando la capacidad operativa y el flujo vehicular en las carreteras.*^[4]

2. ETA predictivo mediante IA

La **estimación del Tiempo Estimado de Llegada (ETA)**^[5] mediante Inteligencia Artificial (IA) se ha convertido en un **elemento fundamental del transporte terrestre**, debido a que permite *reemplazar los modelos tradicionales y estáticos por sistemas dinámicos capaces de adaptarse en tiempo real a las condiciones operativas*. La Figura 7 muestra cómo la IA analiza datos en tiempo real para generar estimaciones de llegada más precisas y dinámicas. En este contexto, el ETA no solo representa la hora prevista de llegada, sino también el cálculo integral del tiempo total requerido para completar el trayecto desde el punto de origen hasta el destino final. Para ello, los **Sistemas de Gestión de Transporte (TMS)** y las plataformas de monitoreo generan grandes volúmenes de datos relacionados con rutas, tráfico, tiempos de tránsito, consumo de combustible y comportamiento de la flota, los cuales sirven para entrenar modelos predictivos basados en IA capaces de **ajustar continuamente las estimaciones de llegada ante cambios o imprevistos durante el recorrido**.

Figura 3. ETA predictivo y su integración con la IA



Fuente: Ilustración, elaborada para fines explicativos

2.1 Algoritmos de IA para la ETA

La Inteligencia Artificial (IA) permite identificar patrones complejos dentro de grandes volúmenes de datos logísticos, mejorando significativamente la precisión en la estimación del Tiempo Estimado de Llegada (ETA). **Entre los algoritmos más utilizados destacan los árboles de decisión y XGBoost**, considerados altamente precisos para predecir tiempos de llegada y estadía en puertos o estaciones, debido a su capacidad para manejar variaciones no lineales en los datos.

A su vez, el **Machine Learning** se utiliza para la *planificación dinámica de rutas*, permitiendo que los sistemas aprendan de datos históricos y en tiempo real. Asimismo, las **redes neuronales artificiales** analizan relaciones complejas entre grandes volúmenes de datos, aunque requieren una adecuada calibración para evitar errores en trayectos cortos.^[4]

2.2 Variables críticas para la predicción del ETA

Para generar estimaciones confiables del ETA, los modelos de IA deben integrar diferentes **fuentes de información que influyen directamente en el tiempo de transporte**. Una de las variables más importantes son las condiciones climáticas, ya que factores como lluvia, tormentas o niebla pueden alterar considerablemente la duración de un trayecto. Por ello, los sistemas modernos integran APIs meteorológicas que permiten ajustar las predicciones en tiempo real.

El tráfico y la congestión vial también representan variables fundamentales, debido a que el análisis continuo del estado de las carreteras permite anticipar retrasos y reorganizar las rutas de entrega. Igualmente, en el transporte multimodal resulta esencial considerar los tiempos de estadía y transbordo en puertos, terminales o estaciones ferroviarias, ya que estos dependen de factores como el peso de la carga y el medio de transporte utilizado.

Finalmente, la telemetría y los sistemas GPS aportan *datos en tiempo real sobre ubicación, velocidad y funcionamiento de los vehículos*,

alimentando constantemente los modelos predictivos permitiendo corregir desviaciones durante el trayecto para mejorar la precisión del ETA.^[5]

2.3 Aplicaciones de IA en tiempo real

La implementación de la Inteligencia Artificial (IA) para la predicción del Tiempo Estimado de Llegada (ETA) en tiempo real se ha convertido en una herramienta estratégica en distintos sectores, ya que *permite optimizar las operaciones logísticas mediante análisis avanzado, aprendizaje automático e integración de datos en tiempo real*. **En el comercio electrónico y retail, estas plataformas son utilizadas para ofrecer seguimiento en vivo y ventanas de entrega más precisas,** mejorando la confianza y satisfacción de los clientes, además de facilitar operaciones omnicanal como entregas a domicilio y recogidas en tienda.

En el sector de logística y transporte, la IA permite realizar *una planificación dinámica de rutas, ajustando recorridos según variables como tráfico, clima y condiciones operativas*. Adicionalmente, la integración con dispositivos IoT y sistemas de telemática brinda **una visibilidad más detallada sobre el estado y movimiento de las flotas, permitiendo una gestión más eficiente y proactiva**. En el ámbito de la entrega de alimentos, los ETAs precisos *son esenciales para mantener la calidad y frescura de los productos, especialmente en ciudades con alta congestión y variaciones constantes de la demanda*.

Por otro lado, en el sector salud, estas tecnologías se utilizan para *garantizar entregas seguras y puntuales de suministros médicos y productos farmacéuticos sensibles al tiempo*. Entre los principales beneficios de estas soluciones destacan *la capacidad de medir la exactitud de las promesas de entrega, mejorar la confiabilidad operativa y reducir riesgos asociados a factores como la escasez de mano de obra o el aumento de costos de combustible*. También, la creciente adopción de sistemas basados en la nube facilita el acceso a

información en tiempo real y fortalece la colaboración entre equipos distribuidos geográficamente.^[6]

Uno de los desarrollos más avanzados en la estimación del **Tiempo Estimado de Llegada** (ETA) es **DeepETA**, presentado por Uber en 2024 como parte de su ecosistema de Inteligencia Artificial aplicado a la logística y movilidad. Este sistema utiliza **redes neuronales profundas** para procesar mapas, datos históricos, tráfico en tiempo real y condiciones operativas, combinando un motor de rutas tradicional con un modelo de IA que corrige automáticamente las desviaciones entre el tiempo estimado y el tiempo real de llegada. DeepETA funciona con latencias de milisegundos y millones de consultas diarias gracias a la **plataforma de aprendizaje automático Michelangelo**, *utilizada también para la detección de fraudes y el emparejamiento entre conductores y usuarios*. Por otra parte, en servicios como Uber Eats, el sistema incorpora un **"Modelo de Estado del Viaje"**, el cual emplea sensores de movimiento de los teléfonos móviles, como acelerómetros y giroscopios, *para identificar actividades específicas del repartidor, por ejemplo, caminar, conducir, buscar estacionamiento o esperar pedidos en restaurantes*. Esta información permite optimizar las entregas, reducir tiempos de espera, mejorar la frescura de los productos y aumentar la eficiencia operativa tanto para los repartidores como para los comercios asociados.^[7]

Walmart ha desarrollado sistemas predictivos basados en Inteligencia Artificial (IA) para optimizar el cálculo del Tiempo Estimado de Llegada (ETA) y mejorar la eficiencia de su cadena de suministro en tiempo real. Estos sistemas funcionan mediante plataformas proactivas de Gestión de Transporte y Almacenes (TMS y WMS), que operan como un **centro de control capaz de analizar rutas, demanda e inventarios antes del inicio de las operaciones diarias**. Gracias a ello, la empresa puede *optimizar rutas dinámicamente, reducir retrasos y coordinar entregas de manera más precisa*. Conjuntamente, Walmart incorpora herramientas de IA agéntica que permiten detectar *anomalías y resolver problemas operativos en segundos*, automatizando decisiones que anteriormente requerían largas horas de análisis manual.

Uno de los casos más representativos se encuentra en el centro de distribución de Coyoil, Costa Rica, donde los **sistemas predictivos** comienzan a operar desde tempranas horas de la madrugada para planificar rutas de productos perecederos, como frutas y vegetales, asegurando que lleguen a las tiendas con el mayor nivel de frescura posible. De forma similar, en Calgary, Canadá, los sistemas monitorean el flujo de salida de mercancías y ajustan automáticamente la logística de última milla para agilizar las entregas y mejorar la experiencia del cliente. En México, el **sistema Self-Healing Inventory** complementa esta estrategia al *redistribuir automáticamente inventarios hacia las zonas con mayor demanda antes de que ocurra un desabastecimiento*, optimizando los tiempos de tránsito de toda la red logística y generando ahorros superiores a 55 millones de dólares.^[8]

En el contexto latinoamericano, el gigante del comercio electrónico Mercado Libre implementó un **sistema de ETA predictivo utilizando modelos de gradient boosting** combinados con memorias de largo plazo. El sistema fue diseñado para gestionar su creciente red de entrega en países como Argentina, Brasil y México, integrando datos de tránsito de ciudades altamente congestionadas, así como condiciones climáticas y eventos locales. *La implementación de este sistema logró una reducción significativa en las quejas por demora y una mejora en la planificación de flotas.*^[9]

En la última parte de esta serie de documentos, se abordará la **ruta para Panamá**. Para más información sobre las publicaciones de Georgia Tech Panamá puedes

visitar: <https://www.gatech.pa/working-papers>.

Descubre más...



gatech.pa



Referencias

[1] Raoofi Z, Huge Brodin M, Pernestål A (2024), "System-level impacts of electrification on the road freight transport system: a dynamic approach". International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-11-2023-0436>

[2] Li, Y., Díaz, M., Morantes, S., & Dorati, Y. (2018). Vehículos autónomos: Innovación en la logística urbana. Revista De Iniciación Científica. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v4.1.1864>

[3] ETA meaning in Business: a critical metric for supply chain success. (2024). <https://www.shippeo.com/resources/explore/blog-newsletter/eta-meaning-in-business-a-critical-metric-for-supply-chain-success>

[4] Moro Carrera, A. (2023). Cálculo de ruta óptima y ETAs en transporte multimodal. Repositorio Institucional de la Universidad de Cantabria. <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/29916>

[5] Mora Blanco, J, Caicedo Abella, D y Villamil Salgado, K. (2024). Desarrollo del modelo de optimización de la eficiencia del sistema de gestión de transporte (TMS) asistido por inteligencia artificial (IA), en la gestión de rutas de transporte de alimentos en la cadena de abastecimiento, en Bogotá, D. C. Universidad EAN. <http://hdl.handle.net/10882/14289>

[6] "Delivery ETA Prediction Platform Market Research Report 2033." Market Intelo. (2025). <https://marketintelo.com/report/delivery-eta-prediction-platform-market?utm>

[7] Panchumarthy, Narayana Sanghea, Logística algorítmica y economía laboral en el ecosistema de entrega bajo demanda (2025).<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.6717839>

[8] “Walmart’s U.S. Supply Chain Playbook Goes Global — and It’s Reinventing Retail at Scale.” (2025).
<https://corporate.walmart.com/news/2025/07/17/walmarts-us-supply-chain-playbook-goes-global-and-its-reinventing-retail-at-scale>

[9] Cardinali, Francisco. (2025). “Mercado Libre Apuesta Fuerte a La Inteligencia Artificial En Logística.”
<https://franciscocardinali.com/mercado-libre-a-puesta-fuerte-a-la-inteligencia-artificial-en-logistica/>





Georgia Tech **Panama**

Logistics Innovation & Research Center

Un Centro de Innovación de  **SENACYT**
Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación

CONTÁCTANOS

(+507) 395-3030

georgiatechpanama@gatech.pa



gatechpanama