

EL FUTURO DE LA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE EN AMÉRICA LATINA

Pável A. Kuchínov

Investigador (kupalex-mgu@mail.ru)

Instituto de Latinoamérica de la Academia de Ciencias de Rusia (ILA ACR)
B. Ordynka, 21/16, Moscú, 115035, Federación de Rusia

SPIN-código: 8377-4279; ORCID: 0000-0002-8293-2519

Recibido el 12 de abril de 2026

Aceptado el 10 de agosto de 2026

DOI: 10.37656/s20768400-2026-03-02

Resumen. *En la era de la Cuarta Revolución Industrial, la infraestructura crítica de América Latina está experimentando una transformación radical, cuya magnitud va mucho más allá de una mera modernización de las estructuras físicas. El sistema de transporte actual de la región va dejando de ser un conjunto aislado de carreteras, puertos, terminales, ductos y redes energéticas. Se va convirtiendo en un ecosistema ciberfísico complejo, donde los flujos materiales convergen con los digitales – canales de alta velocidad de transmisión de datos y centros de procesamiento que actúan como redes de soporte para los sistemas de inteligencia artificial. Al mismo tiempo, el progreso tecnológico en América Latina y el Caribe se desarrolla en un contexto de rivalidad sin precedentes entre dos actores globales – Estados Unidos y China, lo que convierte a la región en una zona de confrontación entre los principales proveedores globales de tecnologías avanzadas, situando a los países latinoamericanos ante la necesidad de luchar por su propia soberanía tecnológica y digital.*

Palabras clave: *infraestructura crítica, soberanía digital, rivalidad geopolítica, sistemas ciberfísicos, transporte autónomo, digitalización, intelectualización*

THE FUTURE OF LATIN AMERICAN TRANSPORT INFRASTRUCTURE

Pavel A. Kuchinov

Research fellow (kupalex-mgu@mail.ru)

Institute of Latin American Studies, Russian Academy of Sciences (ILA RAS)
21/16, B. Ordynka, Moscow, 115035, Russian Federation

SPIN-code: 8377-4279; ORCID: 0000-0002-8293-2519

Received on April 12, 2026

Accepted on August 10, 2026

DOI: 10.37656/s20768400-2026-03-02

Abstract. *In the era of the Fourth Industrial Revolution, the critical infrastructure of Latin America is undergoing a fundamental transformation, the scale of which extends far beyond the trivial modernization of physical assets. The region's contemporary transportation system is ceasing to be an isolated conglomerate of roads, ports, terminals, pipelines, and power grids. Instead, it is evolving into a complex cyber-physical ecosystem where material flows rigidly converge with digital highways—namely, high-speed data transmission backbones and distributed data centers that serve as foundational infrastructure for artificial intelligence systems. Today, technological progress in Latin America and the Caribbean unfolds amid unprecedented rivalry between key global actors — United States and China. This confrontation turns the Latin American region into an arena for a high-tech struggle between its two primary global suppliers, confronting LAC countries with the inevitability of fighting for their own technological and digital sovereignty.*

Keywords: *critical infrastructure, digital sovereignty, geopolitical rivalry, cyber-physical systems, autonomous vehicles, digitalization, intellectualization*

БУДУЩЕЕ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЛАТИНСКОЙ АМЕРИКИ

Павел Александрович Кучинов

Научный сотрудник (kuralex-mgu@mail.ru)

Институт Латинской Америки РАН

РФ, 115035, Москва, Б. Ордынка, 21/16

SPIN-код: 8377-4279; ORCID: 0000-0002-8293-2519

Статья получена 12 апреля 2026 г.

Статья принята 10 августа 2026 г.

DOI: 10.37656/s20768400-2026-03-02

Аннотация. В эпоху Четвертой промышленной революции критическая инфраструктура Латинской Америки претерпевает коренную трансформацию, масштаб которой выходит далеко за рамки тривиальной модернизации физических объектов. Современная транспортная система региона перестает быть изолированной совокупностью дорог, портов, терминалов, трубопроводов и энергосетей. Она превращается в сложную киберфизическую экосистему, где материальные потоки конвергируют с цифровыми магистралями — высокоскоростными каналами передачи и центрами обработки данных, выступающими в роли опорных сетей для систем искусственного интеллекта. При этом технологический прогресс в Латинской Америке и Карибском бассейне разворачивается в условиях беспрецедентного соперничества между ключевыми глобальными субъектами — США и Китаем. Данное противостояние превращает регион в арену борьбы главных глобальных поставщиков высоких технологий, ставя латиноамериканские страны перед необходимостью борьбы за собственный технологический и цифровой суверенитет.

Ключевые слова: критическая инфраструктура, цифровой суверенитет, геополитическое соперничество, киберфизические системы, автономный транспорт, цифровизация, интеллектуализация

Introducción

El presente estudio amplía los límites teóricos de un artículo publicado anteriormente por el autor [1], redirigiendo el foco de atención desde la digitalización básica del sistema de transporte y logística de América Latina hacia el análisis de los riesgos que conlleva su autonomización forzada. La gravedad de la situación actual yace en el evidente dualismo de la arquitectura de las redes de comunicaciones transregionales y los corredores de transporte. Mientras que EE. UU. se esfuerza por mantener el control sobre los flujos críticos de datos y sobre la infraestructura de la nube, apoyándose en su tradicional alianza con Chile como puerta de entrada hacia América Latina a través del Pacífico, China va llevando a cabo una estrategia de expansión en el campo de altas tecnologías. Un claro ejemplo es no sólo el desarrollo de centros o *hubs* físicos, sino también el dominio real del mercado comercial y logístico del país más grande de la región, Brasil, por parte del gigante automovilístico

chino BYD que está estableciendo nuevos estándares de “movilidad inteligente”.

Al mismo tiempo, en la región se observa una automatización acelerada o “forzada”: los métodos convencionales de logística están siendo rápidamente sustituidos por complejos robóticos, sistemas de vehículos o aparatos autónomos y bots automatizados, los cuales son suministrados de forma masiva por actores externos. La asimetría en el desarrollo tecnológico de los países de la región plantea graves riesgos de que se generen nuevas formas de dependencia estructural. La importación de plataformas propietarias (cerradas), sin crear una base propia de investigación científica pone en peligro la seguridad de los datos a nivel nacional y la gestión de las principales arterias energéticas, de ductos y de transporte de los Estados latinoamericanos. Por lo tanto, ha incrementado la necesidad de una reflexión integral en cuanto a los procesos actuales, pero que vaya más allá de un análisis meramente económico o técnico.

El presente artículo está dirigido a identificar un equilibrio entre enormes posibilidades que ofrece la modernización de las infraestructuras críticas (incluyendo centros logísticos, tuberías y ductos y redes eléctricas inteligentes o *Smart Grid*) y los riesgos multifactoriales – políticos, económicos y socioculturales, para los que el mercado laboral y los modelos reguladores de los países de América Latina por ahora no están preparados estructuralmente.

El objetivo de este artículo consiste en realizar un análisis sistémico y un pronóstico del complejo de infraestructuras de transporte en América Latina, considerando las posibilidades que ofrece la automatización y las amenazas críticas para la soberanía y la estabilidad social de la región tanto a medio como a largo plazo.

La fase inicial del análisis académico de los procesos de automatización de los sistemas de transporte en la región se centró principalmente en el determinismo tecnológico y en la

evaluación de un efecto económico exclusivamente positivo derivado de la implementación de tecnologías digitales. En gran medida, esto se determina por la política de los gobiernos latinoamericanos quienes en sus estrategias nacionales posicionaron la innovación como el principal motor para aumentar la productividad.

En 2019, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Brasil (MCTI) elaboró un programa sobre robótica e Internet de las cosas (IoT) [2]. Al mismo tiempo, la Corporación de Fomento de la Producción de Chile (CORFO) puso en marcha la Política Nacional de Inteligencia Artificial [3], mientras que el Gobierno de México publicó una hoja de ruta para el desarrollo del Internet de las cosas. A nivel subcontinental, los Estados de la región han creado la Agenda Digital para América Latina y el Caribe (eLAC) [4].

En aquel período, varias instituciones financieras internacionales, como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Banco Mundial (BM), consideraban la digitalización como una herramienta universal para reducir los costes logísticos que en la región de América Latina y el Caribe (ALC) superan entre dos y tres veces los valores medios de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) que en 2026 contaba con 38 miembros. En los informes se destacaba que la automatización de los puestos aduaneros y la integración de los Sistemas de Transporte Inteligentes (STI) podían compensar la falta crónica de financiación de las infraestructuras físicas. Sin embargo, como ha demostrado la práctica, este enfoque no tomaba en cuenta profundas desproporciones estructurales de la región [5].

Se produjo un cambio cualitativo en la comprensión de los riesgos reales a partir de 2021, cuando China rápidamente pasó a una expansión tecnológica a gran escala, convirtiendo a la región en su zona de confrontación con EE. UU. Estas transformaciones han sido objeto de estudio en los trabajos de varios investigadores. Así, en la monografía colectiva del

Instituto de Latinoamérica de la Academia de Ciencias de Rusia titulada “Transformación digital en América Latina” [6] el foco del debate se redirigió hacia el análisis de las vulnerabilidades estructurales de los Estados latinoamericanos ante la “desigualdad digital”. En el estudio se prestó especial atención a las amenazas a la soberanía digital y se constató una crisis generalizada de la base de investigación científica en los países de ALC.

En la literatura académica estadounidense y de Europa occidental de los últimos años (2024-2026) se ha observado un giro hacia el análisis crítico del concepto de “colonialismo digital” [7]. La comunidad científica china también participa activamente en el estudio de esta problemática, analizando detalladamente, en particular, el impacto de las “guerras tecnológicas” en las jurisdicciones de los países del Sur Global [8].

Los investigadores occidentales analizan la arquitectura de las redes troncales o *backbone* como instrumento de influencia geopolítica [9], mientras que en las publicaciones dirigidas por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de las Naciones Unidas se presta especial atención al fenómeno de la “expansión china de nuevo tipo” [10].

Una sección aparte es dedicada a los impactos sociales de la Cuarta Revolución Industrial o “Industria 4.0” (4IR). En los informes de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) de la ONU y de la CEPAL se constata una tendencia peligrosa: debido a la exportación masiva desde China y la UE de sistemas robóticos, de bots y drones baratos para centros logísticos y de ensamblaje éstos están empezando a sustituir a los puestos de trabajo tradicionales [11].

A diferencia de las economías desarrolladas de Europa, donde la mano de obra que queda libre en el sector logístico es absorbida por el sector de altas tecnologías, en América Latina la automatización de la logística provoca el desplazamiento de trabajadores poco calificados hacia el sector informal, lo que

agrava la desigualdad social [12]. El Instituto Alemán de Estudios Globales y Regionales (GIGA, por sus siglas en inglés) publicó un informe sobre la automatización y la desigualdad, donde la principal conclusión es que la implantación de la inteligencia artificial agrava la desigualdad global debido al acceso desigual a las tecnologías, a las infraestructuras y a las oportunidades para utilizarlas [13].

Por lo tanto, si hasta 2022 los científicos se centraban principalmente en evaluar las posibilidades de mejoras tecnológicas en la logística, en la actualidad el discurso académico ruso y extranjero se centra más en la necesidad de realizar un análisis profundo de los riesgos multifactoriales relacionados con la pérdida de control sobre las infraestructuras críticas.

El estudio de las perspectivas del complejo de transporte e infraestructuras de ALC en el contexto de la Cuarta Revolución Industrial exige ir más allá del análisis sectorial clásico. Los procesos en desarrollo —convergencia de las vías de comunicación físicas con las redes digitales, robotización de la logística e intensificación de la rivalidad geopolítica— determinan la necesidad de aplicar un enfoque interdisciplinario.

Para sistematizar, clasificar y prever los riesgos de la modernización de las infraestructuras críticas, en este trabajo se ha aplicado el método *PESTEL*, que se centra en seis ámbitos clave (político, económico, social, tecnológico, medioambiental y jurídico) y se ha adaptado a las particularidades de los mercados en desarrollo. Además, se utiliza la teoría de los regímenes tecnológicos que permite evaluar el ritmo y la profundidad de la difusión de las tecnologías digitales transversales (IA, sistemas autónomos, Internet industrial de las cosas) en los sectores tradicionales (almacenes, sistemas de tuberías o ductos, redes eléctricas). Asimismo, se aplica un análisis espacial y de redes para estudiar la arquitectura de las conexiones transregionales de transmisión de datos, la ubicación de centros de datos y la formación de “enclaves digitales”

orientados a la exportación, lo que permite constatar la dicotomía geográfica de la influencia de EE. UU. y China a lo largo del eje Chile – Brasil.

Convergencia tecnológica de las infraestructuras

La transición de la región latinoamericana hacia el paradigma de la Industria 4.0 se caracteriza por una ampliación cualitativa del ámbito tecnológico. Si bien en el período 2020-2022 los procesos de digitalización abarcaban principalmente el transporte comercial por carreteras, hoy en día las tecnologías transversales se están infiltrando profundamente en sectores afines. Se está produciendo una convergencia de las arterias de transporte, las capacidades de almacenamiento, los sistemas de tuberías y redes energéticas en unos complejos ciberfísicos (CPS) unificados.

La transición masiva de las flotas de vehículos pesados y la maquinaria portuaria a motores eléctricos requiere la implementación de redes inteligentes (*Smart Grid*), así como de computación “en el borde” (*Edge Computing*) para garantizar el funcionamiento autónomo de los subsistemas a nivel local (los datos se procesan directamente en la computadora a bordo del vehículo por el controlador de la grúa portuaria o en el gabinete de automatización). La digitalización del transporte hoy en día consiste en la creación de corredores digitales transversales e integrados, lo que requiere el despliegue de cientos de centros de procesamiento de datos.

La implementación de redes inteligentes garantiza un equilibrio dinámico entre la demanda y la oferta de energía mediante la integración de la tecnología “del vehículo a la red” V2G (*Vehicle-to-Grid*) que convierte el transporte comercial en un sistema distribuido de almacenamiento de energía. Los sistemas de *Edge Computing* en los centros de recarga permiten integrar en la red general fuentes de energía renovables (FER) con una alta volatilidad en la generación (plantas solares del desierto de Atacama, parques eólicos de la Patagonia). El uso de

sistemas industriales de almacenamiento de energía (Sistema de Almacenamiento de Energía con Baterías, BESS) controlados por IA permite a los operadores recargar la flota de vehículos durante los períodos de tarifas mínimas, minimizando así los riesgos de apagones en cadena (*blackouts*) provocados por el desgaste de las redes eléctricas tradicionales, como ocurrió en Ecuador tras la puesta en marcha de la central hidroeléctrica *Coca Codo Sinclair* en 2018 [14].

Almacenes, puertos y centros de distribución

En Brasil, México y Chile la logística de almacenes está dejando atrás su papel como simples centros de almacenamiento para convertirse en centros analíticos dinámicos. El principal motor detrás de este cambio es la implementación del Internet industrial de las Cosas (IIoT) y de sistemas de gestión de nueva generación basados en la inteligencia artificial:

- Sistema de gestión de almacenes WMS (*Warehouse Management System*) – gestión de almacenes a nivel macro (planificación estratégica y contabilidad);
- Sistema de ejecución de almacenes WES (*Warehouse Execution System*) – ejecución de operaciones de almacén (“sistema nervioso” y orquestador dinámico);
- Sistema de control de almacenes WCS (*Warehouse Control System*) – control de equipos a nivel micro (ejecución táctica de operaciones en milisegundos).

La ampliación de las redes de sensores IoT (etiquetas RFID, transmisores o balizas BLE), la implementación de robots móviles autónomos (*Autonomous Mobile Robots*, AMR) y de vehículos guiados automáticamente (*Automated Guided Vehicles*, AGV), así como de sistemas de visión artificial (*Computer Vision*) optimizan la logística interna y automatizan el control de los cargamentos.

Los algoritmos de analítica predictiva basados en redes neuronales artificiales resuelven el problema de los retrasos en el transporte transfronterizo de mercancías mediante la

integración de las API de los sistemas WMS con las plataformas aduaneras estatales (por ejemplo, Siscomex en Brasil) [15]. Los sistemas de IA pronostican el nivel de carga en las terminales (*load forecasting*) basándose en factores externos (anomalías climáticas, horarios de las mareas, condiciones de visibilidad, etc.), lo que reduce el tiempo de inactividad de los buques y del transporte de cargamentos en los puertos clave de la región (Santos, Valparaíso, Veracruz) entre un 18% y un 22% [16, 17].

En el puerto peruano de Chankay, desde finales de 2024 se ha llevado a cabo una transición hacia la automatización total. En las instalaciones se ha desplegado una red 5G aislada que coordina el funcionamiento de las grúas apiladoras automáticas y los vehículos guiados automáticos (AGV) transportadores de contenedores. Los algoritmos de inteligencia artificial llevan a cabo una distribución dinámica integral de la capacidad de las terminales, lo que reduce en un 25% el procesamiento de los buques portacontenedores ultragrandes (ULCV, por sus siglas en inglés) [18].

En el puerto brasileño de Santos, en el marco del programa nacional *Porto sem Papel*, el Ministerio de Puertos y Aeropuertos ha implantado una plataforma inteligente unificada WMS/WCS. Al agregar los datos de los sensores del IoT, el sistema realiza un seguimiento del movimiento de los cargamentos desde las terminales interiores hasta las zonas de atraque, lo que ha permitido eliminar los retrasos logísticos crónicos en las vías de acceso [19].

Monitorización digital del transporte por ductos y tuberías

La implementación de las tecnologías de la Industria 4.0 en este sector abre nuevas posibilidades para pasar de un mantenimiento reactivo a una gestión predictiva de la fiabilidad basada en los datos obtenidos. La base de esta modernización la constituye el concepto de “gemelos digitales” (*Digital Twins*), copias virtuales dinámicas de un objeto físico real, que coexisten

con él y se gestionan de forma autónoma (sin intervención humana).

Los datos procedentes de las redes de sensores se compilan de forma continua en este “gemelo digital” y, mediante un *software* propio, se analizan y posteriormente se simula el comportamiento del objeto real.

Funcionan a base de redes de sensores de fibra óptica distribuidos (*Distributed Fiber Optic Sensing*, DFOS) que incluyen dos componentes:

- DAS (*Distributed Acoustic Sensing*) – sondeo acústico distribuido que detecta conexiones ilegales y deformaciones en la tubería con una precisión de entre 1 y 3 metros;
- DTS (*Distributed Temperature Sensing*) – sondeo térmico distribuido que detecta microfugas de gas o petróleo.

Estos datos se transmiten de forma continua a los sistemas (SCADA, *Supervisory Control And Data Acquisition*) de nueva generación, donde las redes neuronales recurrentes analizan los gradientes hidráulicos para optimizar el consumo energético de las estaciones de bombeo, por ejemplo, en condiciones de grandes desniveles de altura en los Andes [20].

El gasoducto transfronterizo Bolivia-Brasil (GASBOL), de 3.150 km de longitud, cuyo tramo brasileño está gestionado por la empresa TBG (Transportadora Brasileira Gasoducto Bolívia-Brasil), se ha convertido en el campo de pruebas de estas tecnologías. Entre 2023 y 2025, TBG llevó a cabo un programa de transformación digital de las estaciones de compresión en un tramo piloto con la implementación de los sistemas DAS y DTS [21].

Además del proyecto transfronterizo GASBOL, un hito importante en el despliegue de sistemas ciberfísicos en América Latina ha sido la implementación de “gemelos digitales” para la supervisión de la infraestructura de distribución en aguas profundas. En los años 2025-2026, el gigante brasileño PETROBRAS, en colaboración con el centro de investigación CESAR y la Universidad Federal de Río de Janeiro

(COPPE/UFRJ), lanzó una plataforma inteligente a gran escala *Flexboard* [22].

Este sistema consiste en un “gemelo digital” integral de la red de tuberías submarinas flexibles (*risers*) que conectan los pozos de los yacimientos ultraprofundos subsalinos (cuencas de Santos, Campos y Búzios) con las plataformas flotantes de producción de petróleo (FPSO). La plataforma recopila en tiempo real datos de sensores y modelos de simulación para el control predictivo de la corrosión provocada por el dióxido de carbono (CO₂) y de la fatiga de los metales bajo la influencia de las corrientes marinas [23]. El impacto económico de la implementación de algoritmos predictivos que evitan roturas accidentales en las tuberías principales está estimado por los expertos de la Agencia Nacional de Petróleo, Gas Natural y Biocombustibles de Brasil (ANP) en miles de millones de dólares, lo que convierte este caso en un referente para la modernización tecnológica del sector energético de los países en desarrollo.

Otro ejemplo de los logros de PETROBRAS es la experiencia obtenida con el “gemelo digital” en las plataformas de aguas profundas Cidade de Anchieta y “P-57 FPSO” (yacimiento de Jubarte, estado de Espírito Santo), lo que permitió aumentar la producción de petróleo en un por ciento [24]. Es una cifra relativamente baja, pero si tenemos en cuenta que esta tecnología todavía está en sus inicios, evidentemente su potencial aún no se ha descubierto por completo.

La infraestructura energética y el monopolio de China

El funcionamiento de los algoritmos de IA para el enrutamiento, los sistemas de visión artificial y las redes IoT genera enormes volúmenes de datos. El procesamiento de este tráfico en los centros de datos (como los complejos de las empresas *Scala Data Centers* y *ODATA*, especializadas en centros de datos a hiperescala que apuestan por las energías renovables, una alta potencia y la rápida transmisión de datos,

ubicados en Brasil, Chile, México y Colombia) conlleva un incremento exponencial del consumo energético [25]. En este nicho tecnológico, la región latinoamericana se ha enfrentado a una fuerte dependencia de la República Popular China, representada por la empresa *State Grid Corporation of China* (SGCC).

China ahora es líder mundial en el diseño de líneas de ultra alto voltaje (UHV, *Ultra-High Voltage*: 800 kW de corriente continua y 1000 kW de corriente alterna) que superan a sus homólogas occidentales en el transporte de energía a distancias extremadamente largas. La entidad *State Grid Brazil Holding* (SGBH) ha aumentado desde 2010 su participación en el control de la infraestructura de la red eléctrica de Brasil hasta casi el 30%, acaparando de hecho las cadenas de producción, distribución y explotación de la energía eléctrica en el país [26]. En un contexto de déficit presupuestario nacional, incluso líderes regionales como Brasil a menudo carecen de alternativas reales para llevar a cabo mejoras macroestructurales a gran escala y ampliar los sistemas energéticos nacionales, lo que les obliga a aceptar las condiciones de inversión y las plataformas tecnológicas de Pekín.

Sin embargo, en la región empiezan a surgir proyectos locales alternativos de redes inteligentes *Smart Grid* de baja y media potencia, como, por ejemplo, el proyecto *Energia do Futuro* de la empresa Neoenergia (Brasil). El operador controlado por el holding español *Iberdrola* ha desplegado en el estado de São Paulo una red inteligente, implementando así más de 150 000 contadores inteligentes con arquitectura AMI (*Advanced Metering Infrastructure*) y un sistema de distribución automatizado con función de *Self-Healing* (reparación automática de la red en caso de averías) basada en protocolos de cifrado occidentales [27].

Transporte autónomo de nivel 4 y amenazas a la soberanía

La llegada de las tecnologías de conducción autónoma al cuarto nivel (Nivel 4 según la clasificación de la SAE) convierte al automóvil en un ecosistema definido por el *software*: una “supercomputadora sobre ruedas”. Este mercado ya está claramente dividido entre dos países: China (BYD, con el sistema de conducción inteligente *God's Eye 5.0*; Huawei, con el sistema *Qiankun ADS 5*; y *Xiaomi*, con tecnologías de aprendizaje *End-to-End* y LiDAR de estado sólido) y Estados Unidos (*Tesla*, con el piloto automático *FSD* y *Alphabet/Google*, con el robotaxi *Waymo*).

Para los países de ALC, que carecen de potencial propio en cuanto a semiconductores y a modelos nacionales de IA para la orientación espacial, este hecho supone una transición hacia una dependencia asimétrica absoluta. Un vehículo conectado de nivel 4 (N4) acumula y transmite de forma continua a servidores en la nube remotos un conjunto importante de información sensible: registros telemétricos continuos, coordenadas geográficas, parámetros biométricos procedentes de las cámaras del habitáculo y una copia completa de los datos de teléfonos celulares emparejados (incluyendo contactos y mensajes de funcionarios públicos y altos directivos de infraestructuras clave).

Dado que la arquitectura de los vehículos eléctricos N4 se basa en la actualización continua y remota del *firmware* por aire (*Over-the-Air*, OTA), el control de los componentes clave del vehículo se gestiona mediante código de *software* remoto, lo que genera amenazas para la seguridad nacional:

- Bloqueo remoto (*Bricking*): la posibilidad de que un operador extranjero, en caso de agravamiento de los regímenes de sanciones, desconecte o apague o ponga en modo de emergencia de manera simultánea decenas de miles de vehículos, lo que podría paralizar la logística urbana.

- Caos orquestado: el uso de funciones no documentadas en el *software* (*backdoors*) o de vulnerabilidades en las cadenas de actualizaciones para intervenir de forma remota en los algoritmos de piloto automático, con el objetivo de provocar artificialmente accidentes en masa y bloquear las arterias de transporte.

- Ataques selectivos encubiertos: la transformación de un automóvil inteligente controlado por IA en un arma cinética programable, capaz de provocar un accidente de tráfico deliberado, disfrazado de fallo técnico del algoritmo o de un error de *hardware* del LiDAR.

La magnitud y velocidad con que se está formando esta nueva dependencia poseen un carácter sin precedentes, como se observa claramente en los casos principales de la región:

- Expansión agresiva de BYD en el mercado de Brasil (2022-2023). Un claro indicador del desequilibrio tecnológico fue el rápido dominio del mercado brasileño de transporte eléctrico comercial y particular por parte de la corporación china BYD. Apoyándose en las cuantiosas subvenciones financieras del gobierno chino, la empresa logró en tan solo un año monopolizar *de facto* el naciente sector de los vehículos eléctricos (EV) en Brasil [28]. Este precedente creó las condiciones iniciales ideales para una nueva clase de vehículos, totalmente controlados por plataformas digitales y algoritmos chinos.

- Control sobre la red crítica de transporte público en Chile. La particularidad de los riesgos para la seguridad nacional de los países latinoamericanos radica en que la automatización está penetrando en el sector estratégico del transporte de pasajeros. En Chile (sobre todo en el sistema de transporte *RED Mobility* de Santiago), prácticamente toda la flota de autobuses metropolitanos funciona ya con motores eléctricos y está compuesta por vehículos de fabricación china (con participación mayoritaria de BYD y Yutong) [29]. A medio y largo plazo, con la transición planificada hacia la autonomía de Nivel 4, éstos se

modernizarán para convertirse en autobuses eléctricos sin conductor. Consecuentemente, la cuestión de la gestión y la seguridad del desplazamiento diario de millones de ciudadanos chilenos pasa a depender directamente del control ejercido por el *software* chino y los servidores en la nube remotos.

- El nudo mexicano y la confrontación geopolítica entre EE.UU. y China.

La presencia infraestructural de China en México ha adquirido en los últimos años unas dimensiones que ya no se pueden ignorar, lo que despierta una comprensible preocupación por parte de la Casa Blanca. En otoño de 2024, la dirección del servicio tecnológico chino y operador de *carsharing* *DiDi* anunció oficialmente sus planes de integrar en su flota mexicana hasta 100 mil vehículos eléctricos para 2030 [30]. Esta iniciativa se basa en la exitosa experiencia de la empresa en el propio territorio chino, donde la gran mayoría de los trayectos ya se realizan con motores eléctricos.

Sólo las oportunas pero duras contramedidas por parte de Estados Unidos impidieron que la situación siguiera escalando – de lo contrario, la producción del lote de vehículos se habría desplegado en las inmediaciones con la frontera estadounidense, de la mano del fabricante chino BYD, en la gigafábrica prevista en el estado de Nuevo León. Cabe señalar que precisamente BYD con anterioridad había trabajado exclusivamente en el desarrollo de vehículos eléctricos (en particular, el modelo D1), diseñados específicamente para su uso en el ecosistema de taxis y *carsharing* de *DiDi*.

Este proyecto de gran envergadura de BYD estaba destinado a convertirse en el segundo enclave macrorregional del gigante automovilístico (tras Brasil). Dicho proyecto fue bloqueado como consecuencia de la fuerte presión política y arancelaria ejercida por Washington. El despliegue de una avanzada tecnológica china en Nuevo León, en estrecha proximidad geográfica con las fronteras estadounidenses, generaba riesgos directos para la soberanía tecnológica y la seguridad no sólo de

México, sino también de Estados Unidos – el principal rival geoeconómico de China, que busca proteger su mercado en el marco del acuerdo USMCA [31].

En particular, en Estados Unidos, en el marco de la lucha por la seguridad nacional, el Senado está examinando el proyecto de ley *Connected Vehicle Security Act* (Ley de Seguridad de Vehículos Conectados) que establece legalmente barreras estrictas y la prohibición total del uso de *software* y equipos de red chinos en vehículos conectados en el mercado estadounidense, calificándolos abiertamente de “paquetes de espionaje sobre ruedas” [32]. Por su parte, los países de América Latina, al carecer de suficientes mecanismos políticos para implantar restricciones tan severas y al no disponer de plataformas tecnológicas alternativas capaces de ofrecer una competencia digna, permanecen completamente expuestos a las amenazas digitales y cinéticas procedentes por parte de ambas superpotencias.

El análisis macrorregional realizado sobre los proyectos actuales, pilotos y planificados para su implementación en cuanto a la digitalización del complejo de transporte y logística de América Latina permite formular una serie de conclusiones fundamentales que constatan la profunda transformación tanto de la infraestructura física como de la infraestructura virtual de la región bajo la influencia de las tecnologías transversales y la confrontación geopolítica global:

1. Subdesarrollo institucional ante un salto tecnológico atípico (*leapfrogging*). Los Estados de América Latina, sin haber completado la etapa básica de digitalización transversal en el marco de la “Industria 4.0”, se ven arrastrados por los líderes globales hacia la era de la inteligencia autónoma. Su introducción a la fase de gestión algorítmica de sistemas no tripulados, en un contexto de escasez de personal nacional calificado y bases propias de investigación y desarrollo, conlleva a la pérdida del control operativo sobre las cadenas logísticas internas.

2. Transformación de los ecosistemas digitales propietarios en instrumentos de coerción o influencia geoeconómica. La importación sin alternativas y a ciegas de plataformas cerradas extranjeras, soluciones en la nube y algoritmos de IA convierte la infraestructura de transporte civil de la región en un instrumento latente de control externo y de potencial sabotaje a través de las tecnologías de actualización remota de *software* (OTA).

3. Formación de una dependencia crítica de los sistemas ciberfísicos respecto al control energético de China. La digitalización de los corredores de transporte y el despliegue de centros de datos contribuyen al deterioro de los sistemas energéticos en ALC. La implementación a gran escala de tecnologías de ultra alto voltaje (UHV) por parte de la corporación *State Grid Corporation of China* (SGCC) sitúa el desarrollo macroestructural y el funcionamiento de los *hubs* de transporte inteligentes de la región en dependencia directa de las condiciones geopolíticas y de inversión de Pekín.

4. Incremento de la desigualdad social en los mercados laborales de los países en desarrollo. A diferencia de los Estados desarrollados, donde la automatización de la logística se compensa con el crecimiento del sector de altas tecnologías, la exportación forzada de robots de ensamblaje baratos, drones y sistemas de automatización (WMS/WCS) a los países de ALC conduce a una severa expulsión de la mano de obra poco calificada hacia el sector informal de la economía, provocando riesgos sociales de gran magnitud.

5. Fenómeno de la “propiedad ilusoria”. Un país puede nacionalizar un ducto o un puerto (como a menudo ha ocurrido en la historia de ALC), pero **no puede nacionalizar el “gemelo digital”** que opera desde una nube ajena. Un objeto físico sin su “gemelo digital”, en la era de la autonomía, se convierte instantáneamente en un montón de chatarra inerte. El estado actual de la digitalización y automatización hace imposible que la soberanía clásica tenga lugar sin la soberanía tecnológica.

El análisis crítico presentado en el marco de esta investigación no tiene como objetivo generar infundadamente un clima de alarma o de tendencias destructivo-pesimistas. El autor no pretende construir un discurso tecnófobo. La tarea principal de este trabajo consiste en desmitificar el progreso tecnológico actual, en el intento de desvelar el significado más profundo y las consecuencias sistémicas de aquellas mejoras macroestructurales que hoy están teniendo lugar también en América Latina.

Por un lado, las innovaciones transversales de la Industria 4.0, las redes inteligentes (*Smart Grids*) y las plataformas de transporte autónomo de cuarto nivel (N4) optimizan de manera objetiva y radical los principios de la logística global. Hacen que las transacciones cotidianas de las sociedades latinoamericanas sean extraordinariamente rápidas, transparentes, ergonómicas, económicas y convenientes, contrarrestando en cierta medida el factor del histórico retraso infraestructural de la región.

Por otro lado, el precio de esta optimización algorítmica sin concesiones y de esta total digitalización del espacio es la gradual, pero irreversible pérdida de la subjetividad. La integración de plataformas cerradas extranjeras (sean estadounidenses o chinas) despoja de manera sutil a las sociedades en desarrollo de sus principales activos inalienables: la autonomía física y la libertad soberana.

Bibliografía References Библиография

1. Кучинов П.А. Цифровизация транспортно-логистической отрасли Латинской Америки в парадигме «Индустрия 4.0». *Латинская Америка*. М., 2022, № 12, с. 27-46 [Kuchinov P.A. Digitalization of the Transport and Logistics Industry in Latin America in the “Industry 4.0” Paradigm. *Latinskaya Amerika*. Moscow, 2022, no. 12, pp. 27-46]. (In Russ.).
2. Plano Nacional de Internet das Coisas. URL: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital/internet-das-coisas-2> (accessed 22.04.2026).

3. Descubre los programas tecnológicos de IA para la industria nacional. URL: <https://cenem.cl/2025/05/05/descubre-los-programas-tecnologicos-de-ia-para-la-industria-nacional/> (accessed 05.05.2026).
4. Agenda Digital para América Latina y el Caribe (eLAC). URL: <https://elac.cepal.org/agenda-gobernanza.html> (accessed 12.05.2026).
5. Banco Interamericano de Desarrollo. La brecha de infraestructura en América Latina y el Caribe: estimaciones y opciones de política. Washington, D.C., BID, Informes Técnicos, 2023, 84 p.
6. Цифровая трансформация в Латинской Америке. Отв. ред. Л.Н. Симонова. М.: ИЛА РАН, 2023, 334 с. [Simonova L.N., ed. Digital Transformation in Latin America. Moscow, ILA RAS, 2023, 334 p.]. (In Russ.).
7. Kwet M. Digital Colonialism: US Empire and the New Era of Corporate Age. *Race & Class*. London, 2019, vol. 60, no. 4, pp. 3-26.
8. The Digital Silk Road and Infrastructure Governance in Latin America. URL: <https://hub.hku.hk/handle/10722/358780> (accessed 26.05.2026).
9. Timmers P., Punter M., Stolwijk C. Cybersecurity and Digital Sovereignty – Bridging the Gaps. The Hague, TNO, 2024, 34 p.
10. Afonso D.L., Andrade Bastos S.Q. de, Perobelli F.S. Latin America and China: Mutual Benefit or Dependency? *CEPAL Review*, 2021, no. 135, pp. 147-162.
11. Espíndola E., Suárez J.I. Labor Automation and Challenges for Labor Inclusion in Latin America: Regionally Adjusted Risk Estimates Based on Machine Learning. *Social Policy Series*. Santiago, ECLAC, 2024, no. 245 (LC/TS.2023/121), 65 p.
12. Generative AI Could Transform Millions of Jobs in Latin America and the Caribbean but Digital Divide Poses Challenges. URL: <https://www.ilo.org/resource/news/press-release-ai-latin-america> (accessed 23.06.2026).
13. Automation and Inequality: Social Safety Nets in the Age of AI. URL: <https://www.giga-hamburg.de/en/publications/giga-focus/automation-and-inequality-social-safety-nets-in-the-age-of-ai> (accessed 30.06.2026).
14. Ecuador and Sinohydro in Power Plant Deal. URL: <https://www.power-technology.com/uncategorized/news66227> (accessed 02.07.2026).
15. Guia de integração WMS com Siscomex API Recintos. URL: <https://loginfo.com.br/guia-integracao-wms-siscomex-api-recintos/> (accessed 05.07.2026).

16. Smart Grids and Autonomous Electric Vehicle Fleets Integration in Sustainable Urban Logistics. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/18/16/4408> (accessed 18.04.2026).

17. Artificial Intelligence Improves Shipping Forecasts in Port Areas. URL: <https://agencia.fapesp.br/artificial-intelligence-improves-shipping-forecasts-in-port-areas/44927> (accessed 25.04.2026).

18. Record-breaking Milestone: over 100 Autonomous Vehicles Delivered by Chinese Port Automation Firms. URL: <https://cnmra.com/record-breaking-milestone-over-100-autonomous-vehicles-delivered-by-chinese-port-automation-firms-2/> (accessed 02.05.2026).

19. Programa Porto Sem Papel. URL: <https://www.portodesantos.com.br/central-de-servicos/porto-sem-papel/> (accessed 10.05.2026).

20. Digital Transformation in the Oil and Gas Industry: A Comprehensive Review of Operational Efficiencies and Case Studies. URL: https://www.researchgate.net/publication/385638872_Digital_transformation_in_the_oil_and_gas_industry_A_comprehensive_review_of_operational_efficiencies_and_case_studies (accessed 14.05.2026).

21. GASBOL Gas Pipeline. URL: https://www.gem.wiki/GASBOL_Gas_Pipeline (accessed 02.07.2026).

22. Petrobras: The Award-winning Digital Twin Project to Ensure Operational Efficiency and Safety. URL: <https://www.cesar.org.br/web/english/w/petrobras-the-award-winning-digital-twin-project-to-ensure-operational-efficiency-and-safety> (accessed 24.05.2026).

23. CESAR Digital Twin Technology in Brazil Pre-Salt Oil Infrastructure. URL: <https://hiverlab.com/old-content/cesar-digital-twin-technology-brazil-pre-salt-oil> (accessed 31.05.2026).

24. Petrobras usará gêmeo digital para otimizar produção e escoamento de petróleo. URL: <https://agencia.petrobras.com.br/en/w/inovacao/petrobras-usara-gemeo-digital-para-otimizar-producao-e-escoamento-de-petroleo> (accessed 07.06.2026).

25. Sustainable Data Centers Infrastructure and Cloud Expansion in Latin America. URL: <https://scaladatecenters.com/en/data-centers-en/> (accessed 14.06.2026).

26. China's State Grid: Linking North and South of Brazil. *Global Times*. Pekín, 27.08.2021.

27. Projeto Energia do Futuro e a modernização de Redes Inteligentes. URL: <https://energiadofuturo.org.br/> (accessed 03.07.2026).

28. BYD Became Brazil's Second Largest EV Brand in 2023. URL: <https://carnewschina.com/2024/01/05/byd-became-brazils-second-largest-ev-brand-in-2023/> (accessed 06.07.2026).

29. Buses eléctricos RED y el avance estratégico de la electromovilidad. URL: <https://energia.gob.cl/electromovilidad/transporte-de-pasajeros/buses-electricos-red> (accessed 09.07.2026).

30. Didi Plans to Bring 100,000 Electric Cars to Mexico. *Mexico Now*. Chihuahua, 03.09.2024.

31. Trump ahuyenta a BYD de México: compañía china cancela construcción de planta. *El Financiero*. México, 02.07.2025.

32. H.R.8741 - Connected Vehicle Security Act of 2024. URL: <https://www.congress.gov/bill/118th-congress/house-bill/8741/text> (accessed 11.05.2026).