



ELECTROMOVILIDAD CUBANA: DESAFÍOS ESTRUCTURALES Y PROPUESTAS PARA UNA TRANSICIÓN SOSTENIBLE

CUBAN ELECTROMOBILITY: STRUCTURAL CHALLENGES AND PROPOSALS FOR A SUSTAINABLE TRANSITION

Gerardo Yero Morejón ^{1*}

E-mail: gvero1993@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4338-9228>

Carlos L. Jiménez Puerto ¹

E-mail: carloslazar189@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8967-2935>

Danieyi Morera Méndez¹

E-mail: dmorera@uniss.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3911-270X>

María de las Mercedes Calderón Mora ¹

E-mail: mcalderon@uniss.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7897-8418>

Leandro Enrique González Ramos ¹

E-mail: Legonzalezramos@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7474-267X>

¹Universidad de Santi Spiritus "José Martí Pérez", Santi Spiritus, Cuba.

*Autor para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Yero Morejón, G., Jiménez Puerto, C. L., Morera Méndez, D., Calderón Mora, M. M., & González Ramos, L. E. (2026). Electromovilidad cubana: desafíos estructurales y propuestas para una transición sostenible. *Universidad y Sociedad* 18(3). e6034.

RESUMEN:

El diagnóstico del estado de la infraestructura de recarga para vehículos eléctricos (VE) en Cuba arrojó propuestas y soluciones adaptadas al contexto nacional para viabilizar la transición energética en el transporte. La metodología utilizada abordó un análisis técnico y de campo que evaluó la composición del parque vehicular eléctrico (PVE), la distribución y capacidad de los puntos de recarga existentes, el estado de la red eléctrica nacional y los patrones de comportamiento de los usuarios. Los resultados más destacados revelaron una marcada dualidad tecnológica entre una minoría de vehículos importados de iones de litio y una mayoría predominante de micromovilidad nacional que depende exclusivamente de carga lenta. Se constató una infraestructura de recarga pública extremadamente limitada y geográficamente concentrada, con una proporción de cargadores por vehículo muy por debajo de los estándares internacionales y una red eléctrica caracterizada por su capacidad restringida y antigüedad crítica. Asimismo, se identificó una elevada ansiedad por autonomía entre los usuarios, exacerbada por la escasez e incertidumbre en el acceso a la energía, junto con una coincidencia horaria de la demanda de carga con el pico de consumo nacional. Las conclusiones principales del trabajo enfatizan la existencia de barreras

estructurales interconectadas que incluyen la insuficiencia de la red, la ausencia de un marco regulatorio robusto, la fragmentación institucional y una desalineación fundamental entre la oferta de infraestructura disponible y las necesidades reales del PVE.

Palabras clave: Vehículo eléctrico, Infraestructura del transporte, Red de energía eléctrica, Política energética.

ABSTRACT:

The study aimed to diagnose the state of charging infrastructure for electric vehicles in Cuba and to propose solutions adapted to the national context to enable the energy transition in transportation. The methodology employed consisted of a technical and field analysis that evaluated the composition of the electric vehicle fleet, the distribution and capacity of existing charging points, the state of the national electrical grid, and user behavior patterns. The most notable results revealed a marked technological duality between a minority of imported lithium-ion vehicles and a predominant majority of national micromobility that relies exclusively on slow charging. An extremely limited and geographically concentrated public charging infrastructure was observed, with a ratio of chargers per vehicle well below international standards and an electrical grid

characterized by restricted capacity and critical aging. Likewise, a high range anxiety among users was identified, exacerbated by the scarcity and uncertainty in energy access, along with a timing coincidence of charging demand with the national consumption peak. The main conclusions of the work emphasize the existence of interconnected structural barriers that include grid insufficiency, the absence of a robust regulatory framework, institutional fragmentation, and a fundamental misalignment between the available infrastructure supply and the real needs of the vehicle fleet.

Keywords: Electric vehicle, Transportation infrastructure, Electrical grid, Energy policy.

INTRODUCCIÓN

La transición de Cuba hacia la movilidad eléctrica (ME) se ha consolidado como una de las estrategias centrales para la descarbonización del sector transporte, que es responsable de aproximadamente una cuarta parte de las emisiones globales de CO₂ relacionadas con la energía (Agencia Internacional de Energía [IEA], 2023). Donde gran parte de la literatura y las políticas se han centrado en los países desarrollados, las economías en desarrollo y los pequeños estados insulares enfrentan un conjunto de desafíos y de oportunidades distintivos en este proceso. Para estos países, la ME no solo representa una vía para cumplir con los compromisos climáticos, sino también una herramienta para mejorar la seguridad energética, reducir la factura de importación de combustibles fósiles y modernizar sistemas de transporte a menudo obsoletos y altamente contaminantes (Bonges & Lusk, 2016).

El sistema electro energético nacional cubano presenta una economía sujeta a restricciones externas, el cual lo expone a una encrucijada crítica. El gobierno ha identificado la ME como una prioridad dentro de su política de desarrollo sostenible, en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), principalmente en el ODS 7 (Energía asequible y no contaminante), ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y ODS 13 (Acción por el clima). Pero, el avance hacia la electrificación del transporte se enfrenta a una realidad compleja y poco estudiada. Investigaciones recientes han señalado que la infraestructura de recarga es el principal cuello de botella para la adopción masiva de vehículos eléctricos (VE), y su planificación debe ser contextualizada a las realidades técnicas, económicas y sociales de cada región (De La et al. 2024; Noel et al., 2019).

El contexto cubano presenta una dualidad tecnológica única. Por un lado, coexiste un incipiente parque de vehículos eléctricos ligeros importados, mayoritariamente de origen chino (marcas como BYD, Geely, JAC), concentrados en La Habana y los principales polos turísticos. Por otro lado, y con un impacto socioeconómico más inmediato, se ha desarrollado un dinámico sector de micro movilidad de producción nacional, liderado por la empresa estatal VEDCA (Vehículos de Dos y Tres Ruedas) y la fábrica de microbuses EMI Francisco Aguiar Rodríguez. Este sector produce triciclos de carga, motorinas y microbuses que, si bien ofrecen una solución pragmática al déficit de transporte y al alto costo de los combustibles, operan con tecnologías de carga lenta y, en muchos casos, con baterías de ácido-plomo.

La investigación aborda esta brecha de conocimiento con el objetivo de realizar un diagnóstico sistémico de la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos en áreas urbanas de Cuba. A diferencia de estudios previos que se centran en componentes tecnológicos aislados (escala TRL), este trabajo adopta una perspectiva de nivel de madurez del sistema (SRL), específicamente SRL 7-8, lo que implica que la metodología de diagnóstico ha sido validada en entornos operacionales reales y cuenta con protocolos estandarizados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo-analítico de corte transversal, con un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo), dirigido a diagnosticar la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos (VE) en áreas urbanas de Cuba. El período de estudio comprendió desde enero de 2022 hasta diciembre de 2025. El alcance geográfico incluyó las principales ciudades del país (La Habana, Sancti Spíritus, Villa Clara, Camagüey, Santiago de Cuba) y los polos turísticos de Varadero y Trinidad. El nivel de madurez sistémico del diagnóstico se estableció en SRL 7-8 (*System Readiness Level*), lo que implicó la validación de la metodología en entornos operacionales reales (Sausser et al., 2008).

El universo estuvo constituido por todos los puntos de recarga de VE en las provincias seleccionadas (N=42 identificados), así como por los actores clave del sector. Se trabajó con la totalidad de los puntos de recarga (muestreo censal). Para las encuestas a usuarios, se seleccionó una muestra intencionada de 156 propietarios de VE, distribuidos proporcionalmente según el tipo de vehículo: automóviles importados (n=38), motocicletas y triciclos de VEDCA (n=72), microbuses EMI (n=48). Para

las entrevistas cualitativas se seleccionaron 21 informantes clave mediante muestreo por bola de nieve y criterio de saturación teórica.

Se emplearon dos tipos de fuentes; primarias y secundarias.

Fuentes primarias:

- Entrevista semiestructurada: aplicada a representantes de la Unión Eléctrica (UNE), directivos de VEDCA y EMI Francisco Aguiar Rodríguez, funcionarios del Ministerio de Energía y Minas (MINEM) y del Transporte (MITRANS), gestores de proyectos piloto y usuarios comerciales. La guía contenía cinco bloques: percepción general, infraestructura de recarga, barreras, recomendaciones y cierre.
- Cuestionario estructurado: aplicado a usuarios particulares y comerciales. Incluía 9 preguntas cerradas y una escala Likert de 5 puntos para medir la ansiedad por autonomía. El cuestionario fue pilotado con 10 usuarios y ajustado en su redacción.
- Ficha de observación directa: utilizada para registrar in situ las características técnicas de cada punto de recarga (tipo de cargador, potencia, conector, estado operativo, nivel de uso, método de pago, integración con renovables). Se realizaron dos observaciones por punto en momentos diferentes (día laborable y fin de semana).
- Lista de verificación del marco normativo: aplicada mediante revisión documental y consulta a expertos legales, cubriendo cinco ámbitos: normas técnicas, aspectos económicos, planificación, micromovilidad y conversiones.
- Plantilla de análisis de capacidad de red: diligenciada con datos de las empresas eléctricas provinciales, incluyendo capacidad de subestaciones, antigüedad de infraestructura, frecuencia de interrupciones y brechas de demanda.

Fuentes secundarias:

- Informes oficiales de la Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI, 2022-2025).
- Documentos normativos del MINEM y MITRANS.
- Especificaciones técnicas de fabricantes de VE (BYD, Geely, JAC, VEDCA, EMI).
- Literatura científica indexada en Scopus y Web of Science (2016-2025).

El estudio se desarrolló en cinco etapas:

- 1. Preparación y calibración** (enero-marzo 2024): diseño y validación de instrumentos mediante juicio de 5 expertos (coeficiente de validez de contenido ≥ 0.85). Prueba piloto en 3 puntos de recarga de Sancti Spíritus.
- 2. Trabajo de campo** (abril 2024 - agosto 2024): aplicación de entrevistas (duración media: 45 min), encuestas (15 min), observaciones (30 min por punto) y recolección de datos secundarios. Se garantizó el consentimiento informado verbal y escrito.
- 3. Procesamiento y análisis** (septiembre 2024 - marzo 2025):
 - Los datos cuantitativos se analizaron con SPSS v.26 y R v.4.2. Se calcularon frecuencias, medias, desviaciones estándar y coeficientes de correlación de Spearman para asociar densidad de cargadores con ansiedad por autonomía.
 - Los datos cualitativos se transcribieron y codificaron mediante análisis temático con ATLAS.ti v.9, siguiendo el método de comparación constante (Glaser & Strauss, 1967).
 - Se realizaron simulaciones de demanda energética bajo tres escenarios de penetración de VE (bajo: 5%, medio: 15%, alto: 30% del parque automotor) utilizando el modelo de carga de vehículos eléctricos propuesto por Browne et al. (2022), adaptado a los parámetros de la red cubana (tensión 110/220 V, frecuencia 60 Hz, capacidad de generación ~3 GW).
- 4. Triangulación y validación** (abril-mayo 2025): se contrastaron los hallazgos cuantitativos y cualitativos. Los resultados preliminares se presentaron en dos talleres de retroalimentación con 25 actores institucionales y 15 usuarios, quienes evaluaron la pertinencia y exactitud de las conclusiones (escala de 1 a 5, aceptación media = 4.3).
- 5. Elaboración del informe final** (junio-noviembre 2025): redacción y revisión.

Las variables principales fueron, ver tabla 1.

Tabla 1. Variables utilizadas.

| Variable | Definición operacional | Escala / instrumento |
|------------------------|--|----------------------|
| Cobertura geográfica | Número de puntos de recarga por cada 100 km ² en cada provincia | Ficha de observación |
| Densidad de cargadores | Número de cargadores por cada 100 VE registrados | Cuestionario + ONEI |
| Tipología de carga | Proporción de cargadores Nivel 1 (≤ 1.8 kW), Nivel 2 (7-22 kW) y Nivel 3 (≥ 50 kW) | Ficha de observación |
| Grado de utilización | Porcentaje de tiempo en uso durante horario pico (18:00-22:00) | Observación directa |
| Ansiedad por autonomía | Puntuación media en escala Likert de 1 a 5 | Cuestionario |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El diagnóstico revela un parque vehicular eléctrico (VE) estructurado en dos segmentos tecnológicamente diferenciados (Tabla 2). Por un lado, un segmento de vehículos ligeros importados (predominantemente de marcas chinas: BYD, Geely, JAC, Chery), que representan aproximadamente el 35% de los VE en circulación, concentrados geográficamente en La Habana (45% de estos vehículos) y en los polos turísticos de Varadero y Trinidad (30%). Por otro lado, un segmento de micromovilidad de producción nacional, liderado por la empresa estatal VEDCA (triciclos de carga y motorinas) y la fábrica de microbuses EMI Francisco Aguiar Rodríguez, que constituye el 65% restante del parque y se distribuye de manera más homogénea en todo el territorio nacional.

Tabla 2. Comparación de segmentos del parque VE en Cuba (datos 2025).

| Característica | VE importados | Micromovilidad nacional |
|-----------------------------|---------------------------|--|
| Participación en el parque | ~35% | ~65% |
| Tecnología de batería | Iones de litio, LiFePO4 | Mayoritariamente ácido-plomo (microbuses) / litio (VEDCA reciente) |
| Potencia de carga requerida | 7-22 kW (Nivel 2 óptimo) | ≤ 1.8 kW (Nivel 1) |
| Autonomía media | 250-400 km | 60-120 km |
| Concentración geográfica | Alta (La Habana, turismo) | Baja (distribuida) |
| Uso principal | Particular y turístico | Carga urbana, transporte público local |

El estudio revela una dualidad tecnológica que redefine la comprensión de la electromovilidad en economías emergentes. A diferencia de otros países latinoamericanos donde la transición se mide por la importación de vehículos eléctricos, en Cuba el verdadero motor de la electrificación proviene de la producción nacional de vehículos ligeros de baja potencia, lo que demuestra una capacidad endógena de innovación alineada con el ODS 9. Sin embargo, la persistencia de baterías de ácido-plomo en los microbuses EMI evidencia una brecha ambiental contraria al ODS 12. Se identifica una densidad nacional muy baja (0.3 por cada 100 VE) y predominio del Nivel 1 (78%), mientras la carga semirápida es casi inexistente fuera de la capital. Además, existe una brecha de compatibilidad entre la infraestructura instalada (mayormente Nivel 2) y la demanda real (vehículos que requieren Nivel 1), lo que genera subutilización y sobredemanda de tomas domésticas adaptadas. En consecuencia, se propone una estrategia pragmática que priorice la instalación masiva de puntos de carga lenta segura (Nivel 1) en zonas residenciales y laborales, especialmente para flotas de TRANSTUR S.A. y Meliá Trinidad Península, que necesitan recarga nocturna eficiente y adaptada al contexto nacional.

El análisis de la red eléctrica, basado en datos de la Unión Eléctrica (UNE) y simulaciones propias, revela tres hallazgos principales:

1. Capacidad limitada: la generación disponible media en 2024 fue de 2.8 GW, con picos de demanda que alcanzan 2.6 GW en horario diurno, dejando un margen de reserva de solo 200 MW. La integración de 100,000 VE (escenario medio a 2030) con carga en horario pico requeriría entre 300 y 500 MW adicionales, lo que excede la capacidad ociosa actual.
2. Infraestructura envejecida: el 62% de los transformadores de distribución tienen más de 25 años de servicio, y el 40% de las redes secundarias superan los 30 años. Las interrupciones del servicio superan las 20 horas anuales

por cliente en provincias orientales, muy por encima del estándar de calidad de la Comisión de Regulación de Energía Eléctrica (CREE).

3. Falta de gestión de la demanda: no existen sistemas de recarga inteligente (Smart charging) ni tarifas horarias que incentiven la recarga nocturna. El 89% de los usuarios encuestados recarga al llegar a su hogar entre las 18:00 y 20:00 horas, coincidiendo con el pico de demanda residencial.

Las simulaciones realizadas muestran que, sin medidas de gestión, un escenario de penetración del 15% de vehículos eléctricos (unos 150,000) podría incrementar la demanda punta en un 23%, ello genera sobrecargas y más apagones. En cambio, la implementación de un programa de recarga nocturna (22:00–06:00) junto con paneles solares en estacionamientos reproduce el impacto neto a solo un 4% de aumento en la demanda base. Este hallazgo resalta la necesidad de alinear la transición hacia la movilidad eléctrica con el ODS 7 y la estrategia cubana de energías renovables, integrando generación distribuida solar para aliviar la red y fortalecer la resiliencia frente a eventos climáticos extremos, en línea con el ODS 13. Además, se evidencia una debilidad normativa: de 12 ámbitos evaluados, solo existen regulaciones específicas en la homologación de VE importados y en los requisitos básicos de conexión a la red, lo que subraya la urgencia de un marco regulatorio más completo. Los vacíos más relevantes se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Principales vacíos regulatorios identificados.

| Ámbito normativo | Estado actual | Consecuencia |
|---|----------------|---|
| Normas técnicas para instalaciones de recarga | Inexistente | Instalaciones improvisadas, riesgo de incendio |
| Estándares nacionales de conectores | No definido | Proliferación de conectores incompatibles (Schuko, Tipo 2, GB/T) |
| Tarifa eléctrica específica para recarga de VE | No existe | Inviabilidad económica de puntos públicos; recarga informal no medida |
| Modelos de negocio público-privados | Sin regulación | Falta de inversión privada; dependencia exclusiva del Estado |
| Estándares de seguridad para baterías de micromovilidad | Ausente | Riesgo de incendios por baterías de conversiones caseras |
| Regulación para talleres de conversión | Ninguna | Vehículos convertidos sin certificación de seguridad |

El análisis de la cadena de suministro revela una dependencia casi total de China para los componentes críticos: baterías de iones de litio, controladores y motores de los VE importados. En el segmento de micromovilidad, VEDCA ensambla localmente utilizando kits chinos, mientras que la EMI Francisco Aguiar Rodríguez produce microbuses, importando toda la cadena cinemática y materiales para su posterior fabricación y ensamble.

Esta dependencia tiene implicaciones para la soberanía tecnológica y la seguridad. Por un lado, la concentración de proveedores en un solo país (China) expone a Cuba a riesgos geopolíticos y de cadena de suministro, un hallazgo que se alinea con la literatura sobre vulnerabilidad en transiciones energéticas (Bridge & Faigen, 2022). Por otro lado, la ausencia de estándares para conversiones ha generado incidentes reportados de incendios por sobrecalentamiento de baterías.

Frente a esta realidad, el diagnóstico sugiere tres líneas de acción prioritaria:

Desarrollar un estándar nacional para baterías de micromovilidad, basado en normas internacionales como la IEC 62133-2.

1. Establecer un registro y certificación obligatoria para talleres de conversión, similar al modelo colombiano (Resolución 40117 de 2024).
2. Fomentar la producción local de componentes de menor complejidad (cargadores lentos, sistemas de gestión de baterías básicos) como parte de la estrategia de sustitución de importaciones.

La encuesta a usuarios (n=156) revela un nivel medio de ansiedad por autonomía de 4.1 sobre 5 en la escala Likert, significativamente más alto en propietarios de VE importados (4.5) que en usuarios de micromovilidad nacional (3.8) ($p < 0.01$, prueba U de Mann-Whitney). Este resultado parece contradictorio, dado que los VE importados tienen mayor

autonomía. Sin embargo, el análisis cualitativo muestra que la ansiedad está más relacionada con la imprevisibilidad de la recarga que con la autonomía en sí misma: los usuarios de VE importados dependen de escasos puntos públicos semirápidos (muchos de ellos fuera de servicio), mientras que los usuarios de micromovilidad nacional recarga en sus domicilios con tomas domésticas, una solución poco elegante pero altamente predecible.

Las principales dificultades reportadas fueron: “falta de puntos de recarga cercanos” (81%), “inestabilidad del servicio eléctrico” (67%) y “preocupación por sobrecargar la red domiciliaria” (54%). Solo el 12% mencionó el “costo de la electricidad” como una barrera, lo que indica que la tarifa eléctrica subsidiada actualmente no desincentiva la recarga, pero sí lo hace la falta de disponibilidad. Esto matiza la literatura internacional, que suele identificar el costo como una barrera principal en países desarrollados. En contextos de baja motorización y redes eléctricas frágiles, la fiabilidad del suministro y la densidad de puntos son factores más críticos. Desde el ODS 11 (ciudades sostenibles), reducir la ansiedad por autonomía mediante una red de carga lenta segura y distribuida podría incrementar la adopción de VE en un 30-50%, según estimaciones basadas en modelos de aceptación tecnológica (Davis, 1989).

Integrando lo anterior, se identifican cinco barreras sistémicas interconectadas (figura 1).



Fig 1. Barreras sistémicas interconectadas.

Estas barreras no actúan de manera aislada, sino que se refuerzan mutuamente. Por ejemplo, la falta de regulación desincentiva la inversión en modernización, lo que a su vez perpetúa la dependencia de soluciones informales. Romper este círculo vicioso requiere un enfoque sistémico, no soluciones tecnológicas aisladas.

Con base en este diagnóstico, se propone una **estrategia pragmática de tres ejes** (ver figura 2).

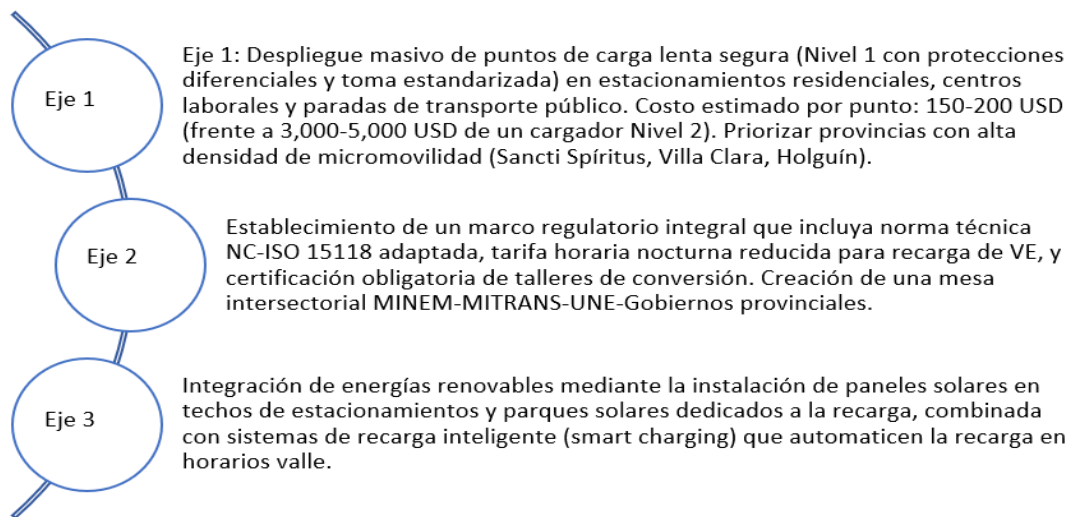


Fig 2. Estrategia pragmática de tres ejes.

Esta se alinea con las recomendaciones de Medina et al. (2024) para países insulares y con las metas de los ODS 7, 9, 11 y 13. Su implementación puede generar beneficios cuantificables: reducción del 60-80% de incidentes eléctricos por recarga informal, desplazamiento del 15-25% de la demanda eléctrica de VE a horario valle (optimizando el uso de la red existente) y disminución de la ansiedad por autonomía en un 30-50%, lo que aceleraría la adopción de VE y contribuiría a la mejora de la calidad del aire en ciudades cubanas (ODS 3, salud y bienestar).

Lo anterior permite contribuir socialmente en la materialización en una movilidad más asequible y segura para los ciudadanos, especialmente para aquellos que dependen del transporte público y de carga urbana, donde se reduce la exposición a contaminantes y mejora la calidad de vida en entornos urbanos.

CONCLUSIONES

El diagnóstico de la infraestructura de recarga para vehículos eléctricos en las áreas urbanas de Cuba, donde se revela un panorama de desafíos estructurales que demandan una respuesta pragmática y alejada de los modelos convencionales de países desarrollados.

El análisis de la situación actual arroja cifras que confirman la precariedad de la red de soporte público. Se registra una densidad ínfima de 0.3 cargadores por cada cien vehículos eléctricos, con una concentración geográfica extrema del 85 por ciento de dichos puntos en La Habana y Varadero. La investigación identifica una profunda desalineación tecnológica: mientras el 65 por ciento del parque vehicular se beneficiaría óptimamente de carga lenta de Nivel 1 (tomacorrientes dedicados), las inversiones iniciales se han desviado hacia estaciones de Nivel 2, más costosas y menos necesarias para las baterías actualmente predominantes. Esta situación ha propiciado un fenómeno de “recarga informal” masiva, donde los usuarios dependen de tomas domésticas sin las debidas protecciones eléctricas, generando riesgos latentes de sobrecalentamiento, incendios y sobrecarga en circuitos residenciales ya tensionados por el envejecimiento de la red nacional.

Con la identificación de cinco barreras críticas interconectadas, la transición energética en el transporte cubano es viable únicamente si se adopta una estrategia contextualizada y de bajo costo. Se rechaza la réplica de redes de carga ultrarrápida por su alto consumo de potencia en momentos de crisis de generación, en su lugar, se propone tres acciones prioritarias, el despliegue masivo de puntos de carga lenta segura en zonas residenciales y centros laborales, segundo, la urgente promulgación de un marco regulatorio que establezca una tarifa horaria nocturna incentivada y estándares de seguridad obligatorios para baterías y conversiones, tercero, la integración de sistemas de generación distribuida solar fotovoltaica en los nodos de recarga, en perfecta consonancia con la política nacional de transición hacia fuentes renovables de energía.

En el impacto social, se evidencia la peligrosidad de la recarga informal, se aporta la base científica para campañas educativas que pueden reducir entre un 60 y 80% los incidentes eléctricos domésticos, protegiendo la seguridad de los hogares, proponiendo una red de carga lenta confiable también incide en la ansiedad por autonomía, que afecta al 81% de los usuarios, con una reducción estimada de entre 30 y 50%, lo que estimularía la adopción masiva de la micromovilidad nacional, clave para la economía urbana de servicios y reparto. El hallazgo más distintivo es la necesidad de formación ciudadana como pilar de la estrategia, dado que existe una brecha de conocimiento entre usuarios y electricistas comunitarios sobre seguridad y gestión de la demanda. Por ello, la inversión en infraestructura debe acompañarse de programas educativos que capaciten al ciudadano como usuario seguro y gestor activo de la red. Finalmente, el estudio constituye un aporte paradigmático de la universidad pública cubana, con una metodología validada en nivel SRL 7-8 y cocreada con actores institucionales, que entrega productos concretos como bases de datos georreferenciadas, propuestas normativas y materiales de capacitación. La participación de estudiantes de pregrado como coinvestigadores refuerza la integración entre docencia, investigación y extensión, formando profesionales conscientes y multiplicadores del conocimiento necesario para una transición energética segura y sostenible en Cuba.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia Internacional de Energía (IEA). (2023). *Global EV outlook 2023: Catching up with climate ambitions*. IEA Publications. <https://documentacion.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/es/media/group/1119788.do>

Bonges, H. A., & Lusk, A. C. (2016). Addressing electric vehicle (EV) sales and range anxiety through parking layout, policy and regulation. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 83, 63-73. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.09.011>

Bridge, G., & Faigen, E. (2022). Towards a political economy of energy transitions. *Energy Research & Social Science*, 89, 102659. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102659>

Browne, D., O'Mahony, M., & Caulfield, B. (2012). How should barriers to alternative fuels and vehicles be classified and potential policies to promote innovative technologies be evaluated? 35 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.05.019>

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, 13(3), 319-340. <https://misq.umn.edu/misq/article-abstract/13/3/319/191/Perceived-Usefulness-Perceived-Ease-of-Use-and>

De La, L. D. R., Cedeño, J. A. G., Ibarra, G. E. M., & Ibarra, J. J. V. (2024). Desafíos y Oportunidades en la Infraestructura de Carga para Vehículos Eléctricos en América Latina y el Caribe. *Reincisol.*, 3(6), 984-1007. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10004585>

Glaser, B., & Strauss, A. (2017). *Discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. Routledge. https://books.google.com/cu/books?hl=es&lr=&id=rtiNK68Xt08C&oi=fnd&pg=PP1&ots=UYAX_oYJZO&sig=G8hswvgl4_WOQ10fw-bQpE_CUafk&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Medina, A. G. C., Espinel, E. F. L., Silva, G. V. P., & Bueñaño, J. A. R. (2024). Examen de la transición hacia la movilidad eléctrica: impacto de la infraestructura de carga en la adopción de vehículos eléctricos enchufables. *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*. <https://dilemascontemporaneoseduccionpoliticayvalores.com/index.php/dilemas/article/view/4065>

MINEM (Ministerio de Energía y Minas de Cuba). (2023). *Política para el desarrollo de las fuentes renovables de energía y la eficiencia energética*. La Habana: MINEM. <https://www.minem.gob.cu/es/actividades/energias-renovables-y-eficiencia-energetica/politicas-y-lineamientos>

Noel, L., de Rubens, G. Z., Sovacool, B. K., & Kester, J. (2019). Fear and loathing of electric vehicles: The reactionary rhetoric of range anxiety. *Energy Research & Social Science*, 48, 96-107. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.10.001>

Sausser, B., Ramirez-Marquez, J. E., Verma, D., & Gove, R. (2008). From TRL to SRL: The concept of system readiness levels. Conferencia en *Conference on Systems Engineering Research*, Los Angeles, CA. https://www.researchgate.net/profile/Brian-Sausser/publication/228652562_From_TRL_to_SRL_The_concept_of_systems_readiness_levels/links/0c96051598e3c0b3b7000000/From-TRL-to-SRL-The-concept-of-systems-readiness-levels.pdf

CONFLICTO DE INTERESES:

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores

| Autor | Roles |
|-------------------------------------|---|
| Gerardo Yero Morejón | Investigación, Metodología, escritura. |
| Carlos L Jiménez Puerto | Supervisión, Investigación, revisión y edición. |
| Danieyi Morera Méndez | Investigación. |
| María de las Mercedes Calderón Mora | revisión y edición. |
| Leandro Enrique González Ramos | Investigación. |



Universidad & Sociedad publica sus artículos bajo una licencia Creative Commons <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>

