



## **Parqueaderos verdes: revisión de soluciones solares para la movilidad sostenible**

*Green parking infrastructure: a comprehensive technical review of solar-integrated  
systems for sustainable urban mobility*

### **Autores:**



Steeven Antonio Moreira Parraga<sup>1</sup>

| [smoreira8570@utm.edu.ec](mailto:smoreira8570@utm.edu.ec)



Yandry Gonzalo Viteri Velez<sup>1</sup>

| [yviteri1459@utm.edu.ec](mailto:yviteri1459@utm.edu.ec)



María Rodríguez Gámez<sup>1</sup>

| [maria.rodriguez@utm.edu.ec](mailto:maria.rodriguez@utm.edu.ec)

<sup>1</sup>Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

**Recepción:** 21 de noviembre de 2025 | **Aceptación:** 21 de febrero de 2026 | **Publicación:** 22 de marzo de 2026

### **Resumen**

El crecimiento urbano acelerado y la dependencia de los combustibles fósiles han exacerbado problemas ambientales, especialmente gases de efecto invernadero y emisiones de contaminación del aire. En este contexto, los parqueaderos verdes aparecen como una alternativa innovadora que integra la infraestructura de la ciudad con tecnología de energía solar, que promueve la movilidad sostenible y la eficiencia energética. El objetivo fue analizar, a partir de una revisión bibliográfica, las principales características, beneficios y desafíos de las soluciones solares aplicadas en parqueaderos verdes. Se utilizaron métodos de análisis documental y revisión sistemática de literatura académica y técnica, abarcando experiencias nacionales e internacionales. Los resultados evidencian que la integración de paneles fotovoltaicos y estaciones de carga para vehículos eléctricos en parqueaderos contribuye significativamente a la reducción de emisiones, mejora la eficiencia energética y fortalece la transición hacia sistemas de transporte más limpios, aunque persisten las restricciones de costos iniciales, la falta de políticas estatales integradas y barreras culturales en las regiones latinoamericanas.

**Palabras clave:** parqueaderos verdes; energía solar; movilidad sostenible; eficiencia energética; electromovilidad

### **Abstract**

Accelerated urban growth and dependence on fossil fuels have exacerbated environmental problems, especially greenhouse gases and air pollution emissions. In this context, green parking lots appear as an innovative alternative that integrates the city's infrastructure with solar energy technology, which promotes sustainable mobility and energy efficiency. The objective was to analyze, based on a literature review, the main characteristics, benefits, and challenges of solar solutions applied in green parking lots. Methods of documentary analysis and systematic review of academic and technical literature were used, covering national and international experiences. The results show that the integration of photovoltaic panels and charging stations for electric vehicles in parking lots contributes significantly to the reduction of emissions, improves energy efficiency, and strengthens the transition to cleaner transport systems, although initial cost constraints, the lack of integrated state policies and cultural barriers persist in Latin American regions.

**Keywords:** green parking lots; solar energy; sustainable mobility; energy efficiency; electromobility



## Introducción

La urbanización acelerada acompañada del uso excesivo de combustibles fósiles ha generado un aumento de las emisiones contaminantes y los gases de efecto invernadero que han afectado el ambiente, por lo cual, se torna necesario el uso de alternativas sostenibles en el área del transporte encaminando a la incorporación de energía eficiente y sostenible. Una de las propuestas emergentes frente a esta problemática es la implementación de parqueaderos verdes, una alternativa que combina infraestructura urbana con tecnologías de generación solar. Estos espacios no solo permiten el estacionamiento de vehículos, sino que también integran sistemas fotovoltaicos y estaciones de carga eléctrica, facilitando así la transición hacia un modelo de transporte sostenible.

La crisis climática, el crecimiento urbano y el aumento de los vehículos motorizados han generado una presión ambiental sin precedentes, según Mohanty, Choppali y Koungianos (2016), el 80 % de los gases de efecto invernadero proviene del consumo global de recursos y energía, de los cuales el 75 % se originan en las zonas urbanas, lo que resalta la urgencia de implementar estrategias sostenibles en la planificación de las ciudades. Esta situación ha impulsado el desarrollo de políticas de movilidad sostenible que buscan mitigar el impacto ambiental y fomentar el uso de energías renovables (Trespacios, Blanquicett & Carrillo, 2018).

Las acciones humanas que implican el uso de recursos o fuentes energéticas han contribuido al incremento de compuestos de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera. Estos compuestos tienen la capacidad de absorber y volver a emitir radiación, redirigiéndola hacia la superficie terrestre, lo que provoca un aumento en la temperatura



del planeta. Este fenómeno se conoce como efecto invernadero (Trespacios, Blanquicett, & Carrillo, 2018).

El cambio climático se ha consolidado como una problemática de alcance global en el siglo XXI, y la sostenibilidad se ha convertido en uno de los retos necesario para la humanidad. El aumento constante de la movilidad, especialmente a través del uso del automóvil, representa un obstáculo significativo para la preservación del medio ambiente, debido al incremento de la contaminación del aire y al consumo acelerado de combustibles fósiles, entre otros factores. Frente a este panorama, se ha intensificado notablemente la inversión y el impulso al desarrollo de nuevos modelos de transporte sostenibles (De la Bellacasa, 2022).

El 80 % de los gases de efecto invernadero proviene del consumo global de recursos y energía, de los cuales el 75 % se origina en las zonas urbanas. Esta situación es resultado del notable aumento poblacional experimentado en las últimas décadas, lo que ha generado la necesidad urgente de mitigar el impacto ambiental y asegurar condiciones de vida adecuadas para la población. Como respuesta a esta demanda, y particularmente a los desafíos energéticos vinculados con la rápida urbanización, se ha propuesto el desarrollo de ciudades inteligentes (Mohanty, Choppali y Kougianos, 2016), citado por (Giral, Celedón, Galvis & Zona, 2017).

Las tecnologías convencionales de generación eléctrica presentan bajos niveles de eficiencia energética, con rendimientos que oscilan entre 0.3 y 0.35, es decir, una proporción limitada de la energía liberada durante la combustión se convierte en electricidad. En contraste, tecnologías más modernas como la cogeneración que combina la producción de electricidad con el aprovechamiento del calor residual y el ciclo combinado que utiliza dicho calor para generar energía adicional alcanzan rendimientos superiores, entre 0.4 y 0.55 (Agencia Internacional de Energía [IEA], 2022).



El uso de combustibles fósiles en la producción eléctrica conlleva la emisión de contaminantes atmosféricos y gases de efecto invernadero (GEI). Debido a su menor eficiencia, las tecnologías tradicionales generan una mayor cantidad de emisiones por unidad de electricidad producida, en comparación con las tecnologías más avanzadas (Parra, 2013).

Las energías renovables, también llamadas energías limpias o verdes, provienen de recursos naturales que se regeneran rápidamente o no se agotan. Son una alternativa sostenible a largo plazo, ya que producen menos emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con las fuentes no renovables, como los combustibles fósiles. A nivel global, se observa una creciente tendencia hacia el reemplazo de estos combustibles por energías renovables con el fin de reducir los impactos del cambio climático (Castro & Tovar, 2025).

Las energías renovables han alcanzado el 40% de la generación mundial, gracias al impulso de los gobiernos que, año tras año, fomentan su desarrollo. Este impulso contribuye a reducir la quema de combustibles fósiles y la emisión de CO<sub>2</sub>, que son los principales causantes de la contaminación ambiental. Entre las fuentes de energía limpia, se encuentra la energía solar, cuya implementación es viable en Ecuador, un país tropical que, debido a su ubicación geográfica, tiene un alto potencial para generar electricidad a partir de la irradiación solar, estimada en 4,5 kW/m<sup>2</sup>/día, que representaría una capacidad solar fotovoltaica instalada de alrededor de 9MWp, la cual podría ser desarrollada en proyectos que formen parte del sistema eléctrico nacional y por aplicaciones del sector privado (Parreño, et al., 2020).

Impulsar el desarrollo y el crecimiento económico de los países mediante el uso de energías renovables, en beneficio tanto de la población como del medio ambiente, exige una colaboración efectiva entre los sectores público y privado. En este sentido, Martín

(2005) citado por Gruezo, & Solis )2022), sostiene que es fundamental actuar desde los niveles comunitario, local y nacional. Con base en esta idea, la implementación de cambios orientados a transformar las prácticas existentes, respaldados por el conocimiento generado a través de la investigación, el desarrollo tecnológico y la actividad productiva, ha llevado a considerar la energía fotovoltaica como una opción viable para alcanzar este objetivo, gracias a la creciente demanda motivada por sus múltiples ventajas y facilidades.

La energía solar fotovoltaica ha experimentado el crecimiento más acelerado entre las fuentes de energía renovable a nivel mundial, con una tasa media anual superior al 37 % entre 1990 y 2016. Con el fin de aprovechar el enorme potencial de esta fuente inagotable, muchos países han puesto en marcha distintos programas destinados a incentivar la inversión privada en este tipo de iniciativas (Becerra, González & Villegas, 2021).

La energía solar térmica consiste en captar la energía del Sol para transferirla a un medio que transporte calor. Esta tecnología representa una opción limpia y económicamente viable para satisfacer las demandas térmicas de industrias, comercios y hogares, ofreciendo una alternativa frente a los combustibles convencionales y promoviendo la competitividad y sostenibilidad del sector (Osornio, Domínguez, Miranda, Reyes & Vargas, 2022).

El funcionamiento de un sistema solar fotovoltaico es muy sencillo y confiable. Cuando recibe radiación solar, los módulos fotovoltaicos generan energía eléctrica en corriente continua, la cual luego es convertida en corriente alterna mediante un componente llamado inversor. Producir energía eléctrica con paneles fotovoltaicos para uso propio permite reducir considerablemente los costos en la factura eléctrica, logrando recuperar la inversión en alrededor de cinco años (Energía solar fotovoltaica. (s.f.))

La tecnología solar fotovoltaica puede combinarse con otras fuentes de energía para formar sistemas híbridos, lo que incrementa las horas de servicio disponibles. Gracias a esto, la energía solar fotovoltaica se ha consolidado como una solución eficiente desde los aspectos energético, económico y técnico, especialmente para áreas remotas sin acceso a la red eléctrica, proporcionando un respaldo energético más confiable al integrarse con otros sistemas o plantas diésel (Torres, Diaz, Xué & Llanos, 2020).

La generación de electricidad mediante sistemas fotovoltaicos se ha vuelto una práctica cada vez más extendida a nivel global. En las últimas tres décadas, los avances tecnológicos en este sector han permitido una disminución aproximada del 95 % en el costo de los módulos fotovoltaicos, al tiempo que su eficiencia ha aumentado en torno al 200 %. Un indicador del crecimiento y la adopción de esta tecnología es la instalación de más de 1200 MW de potencia pico en el mundo, con una tasa de crecimiento anual cercana al 16 % (González, Jiménez, & Lagunas, 2004) citado por (Jimbo, 2018).

La viabilidad de la eficiencia energética a nivel global ha quedado demostrada mediante el desarrollo de tecnologías como vehículos con menor consumo de combustible, electrodomésticos de bajo consumo eléctrico y lámparas que requieren solo una cuarta parte de la energía utilizada por modelos anteriores. Sin embargo, el verdadero alcance del potencial de los programas de eficiencia solo se comprende al saber que únicamente el 37 % de la energía primaria se convierte en energía útil. El resto, es decir, el 63 %, se pierde a lo largo de los procesos de transformación y distribución antes de que la energía cumpla su función final.

La eficiencia energética busca conservar el nivel de servicio energético, pero reduciendo el consumo asociado. Esto implica minimizar las pérdidas en cada etapa del proceso energético, promoviendo tanto tecnologías más eficientes como prácticas de uso más responsables, no solo se trata de mantener los beneficios que se obtienen de la energía,



sino de ampliarlos, ya que existen múltiples ejemplos que demuestran que es posible reducir el consumo a la mitad mientras se duplican los resultados obtenidos (Poveda, 2007).

La eficiencia energética consiste en una estrategia orientada a reducir el consumo de energía, disminuyendo el uso de fuentes fósiles, promoviendo el aprovechamiento de energías renovables y mejorando los procesos productivos. Su finalidad es contribuir a la protección ambiental, garantizar un desarrollo económico sostenible y asegurar el suministro energético. En términos generales, implica utilizar la energía de manera racional, optimizando su aplicación en los procesos sin afectar la calidad ni los niveles de producción (Sureda-Carbonell, 2016) citado por (Forero & Rodríguez, 2022).

Las ciudades se ven afectadas por diversos factores que intensifican su vulnerabilidad frente al cambio climático. Uno de los más significativos es el crecimiento urbano desorganizado, el cual incrementa la demanda de energía y la dependencia de combustibles fósiles en sectores como el transporte y la industria (Rosenzweig et al., 2018). A esto se suma la falta de infraestructura verde y el aumento de superficies impermeables, lo que disminuye la capacidad de regulación térmica y agrava el fenómeno de isla de calor urbana (Oke et al., 2017) citado por (Palacios, Pinargote, Moran & Navarro, 2025).

Según Montava (2014) citado por Castro & Tovar (2025) el concepto de Smart City se remonta a varias décadas atrás y tiene como objetivo principal emplear tecnologías avanzadas para mejorar la calidad de vida de los habitantes urbanos, procurando al mismo tiempo no comprometer el medio ambiente, lo que da lugar a ciudades sostenibles. La ONU proyecta que, para el año 2050, el 70% de la población mundial residirá en zonas urbanas. Este tipo de proyecciones refuerzan la necesidad de promover ciudades sostenibles, donde el equilibrio entre lo social y lo ambiental, respaldado por el progreso

tecnológico, sea clave para enfrentar desafíos como el crecimiento urbano descontrolado y el elevado consumo de energías no renovables, una preocupación de alcance global (Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales (DESA), 2018).

La sostenibilidad ambiental de una tecnología energética se refiere a que su influencia sobre el entorno sea lo más reducida posible, tanto en términos del consumo de recursos como en la generación de desechos. Por definición, una tecnología energética sostenible debe ser eficiente, utilizar los recursos de manera óptima y causar la menor alteración posible en los procesos naturales, respetando los límites impuestos por la entropía (Ramírez, 2012).

La movilidad sostenible se distingue por promover desplazamientos que buscan minimizar el impacto ambiental desde el punto de partida hasta el destino final. Este enfoque abarca tanto el transporte público como autobuses eléctricos o de cero emisiones, metros y trenes como el transporte privado, incluyendo formas no motorizadas como caminar, andar en bicicleta o usar patinetas (Hinestroza, 2023).

La movilidad sustentable no se limita únicamente a los medios de transporte, sino que abarca, en un sentido más social, a las personas y al desarrollo adecuado de sus actividades cotidianas. El verdadero desafío de la movilidad consiste en garantizar que los ciudadanos puedan desplazarse con facilidad y cuenten con un acceso amplio y eficiente a los distintos sectores de la ciudad. Más que un desafío, la movilidad representa un derecho fundamental, y corresponde a los planificadores considerarlo de manera prioritaria al diseñar sus propuestas de movilidad urbana (Cohen, 2018).

## **2. Metodología**

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo de carácter documental se utilizó la revisión bibliográfica en bases de datos como fueron Scopus, ScienceDirect, RedALyC, Google Scholar, además de informes técnicos y tesis relacionadas con soluciones solares



y movilidad sostenible. Se revisaron las experiencias documentadas a nivel internacional como fueron Colombia, e India, entre otros, se verifico la experiencia nacional enfocadas en proyectos de parqueaderos solares y su impacto ambiental.

## Resultados

Los hallazgos indican que los parqueaderos verdes ofrecen múltiples beneficios: reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, aprovechamiento de energía solar fotovoltaica, apoyo a la movilidad eléctrica y mejora en la gestión del espacio urbano. Experiencias internacionales como el Pavagada Solar Park en India muestran el potencial de la energía solar a gran escala, mientras que iniciativas locales en Colombia y Ecuador reflejan los avances en infraestructura verde aplicada a la movilidad.

Se identifican desafíos que se deben tener claro en la implementación de parqueaderos verdes como se muestra en la figura 1.

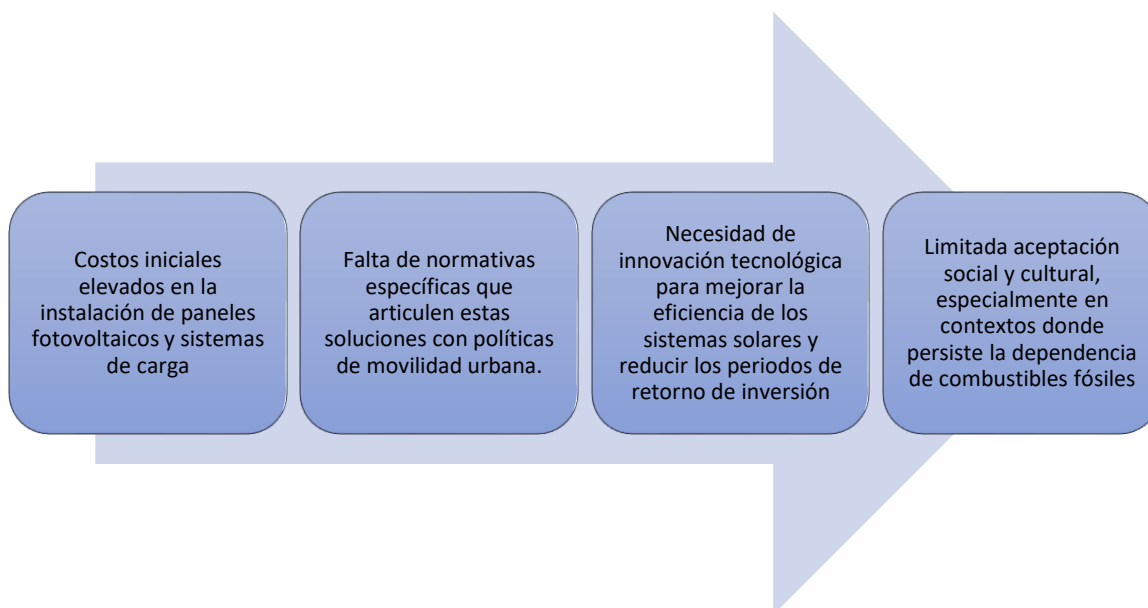


Figura 1. Desafíos en la implementación de parqueaderos verdes

Loa desafíos que se han encontrado con relación a la implementación de parqueaderos verdes se dirigen l presupuesto que se requiere para la instalación del equipo para su adecuado funcionamiento, además de normativa en la política de movilidad urbana,

teniendo en cuenta que lo nuevo suele generar rechazo, falta más aceptación de la sociedad, por lo cual persiste la dependencia a los combustibles fáciles, cambiar esta realidad necesita de un cambio de mentalidad.

### **Estacionamiento de carga de vehículos eléctricos**

Es merecer mencionar que en escenarios proyectados hacia el 2030, los sistemas fotovoltaicos vinculados a estaciones de carga para vehículos eléctricos en Brasil podrían no solo abastecer eficientemente la demanda energética Costa y Cobas (2023), sino también generar beneficios ambientales y económicos significativos, especialmente en zonas con altos niveles de irradiación solar. Un estudio realizado en India evidenció que los sistemas fotovoltaicos instalados en estacionamientos presentan una diferencia notable entre el rendimiento teórico y el real, atribuida principalmente a factores como la sombra parcial, acumulación de polvo y pérdidas por temperatura, lo cual resalta la necesidad de mantenimiento periódico (Environment, Development and Sustainability, 2020).

En un proyecto enfocado en caracterizar un estacionamiento de carga de vehículos eléctricos, ubicado en el parqueadero de un centro comercial de la ciudad de Barranquilla; mismo que dispondría de un sistema de paneles solares en el techo del centro comercial con el fin de que la energía de alimentación de los vehículos proceda del sistema. Se implementará un sistema conformado por ocho estaciones conectadas a la red eléctrica (grid-tied) y dos estaciones autónomas. Dentro del parqueadero se habilitará una estación de recarga con una configuración de suministro dual, en la que el 50 % de la energía provendrá de la red convencional y el otro 50 % de un sistema de generación solar fotovoltaico, garantizando así continuidad y seguridad en el servicio. Adicionalmente, se llevará a cabo el dimensionamiento de una estación completamente aislada, destinada

específicamente a la carga de motocicletas y bicicletas eléctricas (Capacho, Cruz & Hernández, 2019).

Por otro lado, en una investigación realizada en Portugal, misma que menciona los beneficios de la electricidad solar con vehículos eléctricos como la reducción del flujo de electricidad hacia y desde la red, mencionado un aparcamiento en las afueras de Lisboa, los investigadores mencionan que la recuperación de la inversión es de aproximadamente 14 años, sin embargo dicho proyecto recibiría un incentivo financiero que mejoraría su viabilidad económica lo que reduce el tiempo de recuperación y lo convierte en un enfoque sostenible (Figueiredo, Nunes & Brito, 2017)

Se identifica beneficios y consideraciones en las estaciones de carga solar para vehículos eléctricos como se muestra en la Figura 2.

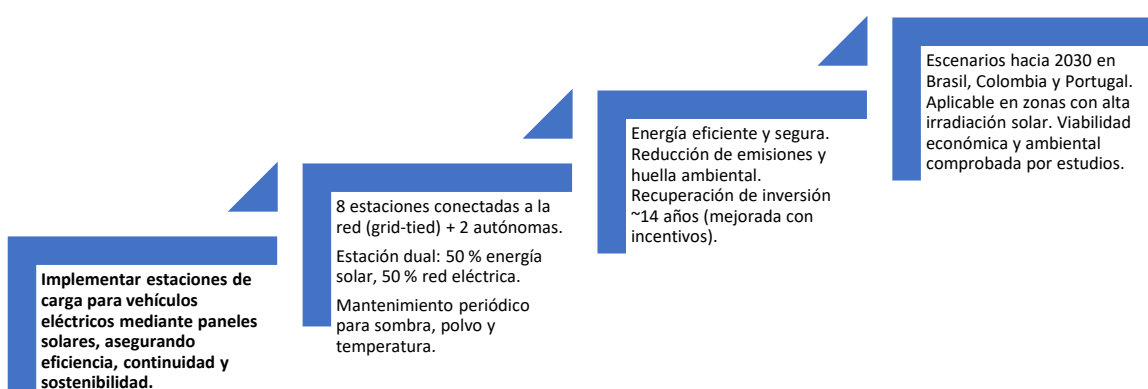


Figura 2. Beneficios y Consideraciones en las estaciones de carga solar para vehículos eléctricos.

La introducción de estaciones de carga solar para vehículos eléctricos conjuga la eficiencia energética y sostenibilidad, permitiendo continuidad del servicio y reduciendo emisiones. Los estudios demuestran viabilidad técnica y económica con

beneficios ambientales y recuperación de la inversión en el medio plazo, especialmente en zonas con alta radiación solar.

### **Techos solares en estacionamiento**

En una investigación realizada en Chile, cuyo objetivo fue evaluar la factibilidad técnica y económica de implementar techos solares en estacionamientos residenciales de Antofagasta bajo el esquema Net Billing, buscando aportar a la eficiencia energética y la sostenibilidad urbana. Los resultados del análisis económico arrojaron que la alternativa más ventajosa para la implementación de una planta de energía solar corresponde a los módulos de silicio policristalino del fabricante POLYCROWN por sus favorables costos y beneficios. Sin embargo, esta elección supone una reducción menor de las emisiones de CO<sub>2</sub> en comparación con módulos de mayor eficiencia, como los de silicio monocristalino. En este sentido, en el análisis económico se deben incluir criterios ambientales que permitan una evaluación integral que tenga en cuenta no sólo los costes, sino también el impacto ecológico del sistema (Sandoval, 2022).

En Perú, demostraron que la integración de paneles solares con estrategias de vegetación en espacios abiertos, como los estacionamientos, no solo mejora la generación eléctrica, sino que también contribuye a reducir la temperatura superficial del entorno, creando espacios urbanos más sostenibles y confortables Kareem et al. (2024). El proyecto “Eco Parking BCP” desarrollado por Enel X en Perú constituye un caso exitoso de implementación de parqueaderos solares para carga de vehículos eléctricos, mostrando cómo la colaboración entre sector privado y proveedores energéticos puede impulsar soluciones sostenibles dentro del contexto latinoamericano (Latam Mobility, 2024).

El primer proyecto solar que utiliza el producto BIPV de JinkoSolar se ha conectado a la red en China. Este techo solar cubrirá las necesidades de unos 40 coches eléctricos y la capacidad de generación anual de electricidad puede superar los 150.000 kWh. La

combinación de estaciones de carga y vehículos eléctricos propulsados por energías renovables dotará a la marquesina de una doble función de aparcamiento y carga de vehículos. Además, aumenta la eficiencia en el uso del suelo y contribuye a la conservación de energía y la reducción de emisiones (JinkoSolar, 2021).

Se identifica los siguientes impactos en el uso de techo solares en estacionamientos como se muestra en la Figura 3.

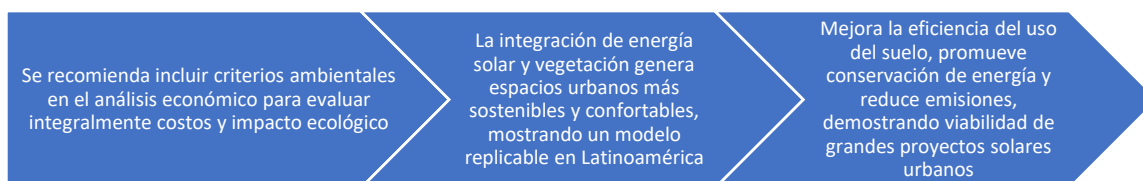


Figura 3. Impacto en el uso de techo solares en estacionamientos.

De esta manera, se puede identificar el impacto positivo del uso de techo solares para el medio ambiente, sin obstaculizar el funcionamiento eficiente del mismo, lo cual lo vuelve un modelo viable, aplicable y reproducible para otros contextos.

### **Energía renovable para la movilidad sostenible**

En el territorio ecuatoriano cada vez es un tema de mayor interés, es así como, la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí estudia energías renovables para la movilidad sostenible mediante la identificación de zonas de alta demanda energética y la evaluación del potencial de generación solar distribuida, utilizando herramientas como mapas de calor en QGIS (Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, 2024). Salazar y Gómez (2024) destacan que el diseño adecuado de estaciones de carga fotovoltaica debe considerar no solo la orientación e inclinación óptimas de los paneles, sino también la demanda real de vehículos eléctricos en el entorno de instalación, lo cual permite

maximizar la eficiencia del sistema y justificar su viabilidad técnica en contextos urbanos universitarios.

En España, se realizó un proyecto dirigido al diseño de una instalación solar fotovoltaica de autoconsumo, de tal forma que además de producir electricidad mediante energías renovables, reduzca el consumo de energías no renovables, dotando al edificio al que se suministra dicha energía producida, de una cierta independencia energética. Enfrente se dispondría de una estación de carga de coches eléctricos, un sistema que empieza a tener demanda en el entorno urbano (Ayuso Martín, 2015).

Un estudio realizado en Tianjin, China, evaluó el potencial del estacionamiento solar para autobuses eléctricos. Los resultados mostraron que, en el primer año, el estacionamiento solar produjo 53.971,96 MWh de electricidad, lo que pudo cubrir el 50% de la demanda operativa normal. Este tipo de instalaciones reduce significativamente las emisiones de CO<sub>2</sub> y mejora la eficiencia energética en las ciudades (Ding, 2023).

Además, en otro estudio realizado en China propuso un método de toma de decisiones multicriterio basado en tecnología de información geográfica (GIS) para seleccionar de manera óptima estaciones de carga para vehículos eléctricos que funcionan con energía solar. El sistema de índice de selección de sitio incluyó aspectos como accesibilidad, radiación solar y proximidad a infraestructura eléctrica, permitiendo una planificación eficiente de los estacionamientos solares (Zhao, 2023).

Se identifica las siguientes características de la movilidad sostenible y energía solar como se muestra en la Figura 4.

Las investigaciones muestran que la energía solar para la movilidad eléctrica es viable y eficaz en diversos contextos. En Ecuador se da prioridad a la planificación técnica con GIS; En España, el autoconsumo reduce la dependencia energética; y en China, las

instalaciones solares optimizan la demanda y reducen las emisiones de CO<sub>2</sub>. En general, esta experiencia muestra beneficios ambientales, económicos y urbanos.

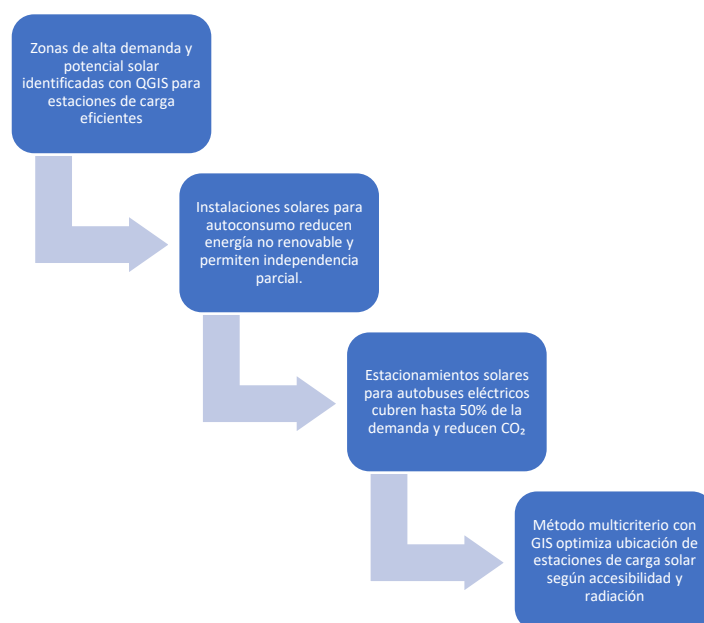


Figura 4. Características de la movilidad sostenible y energía solar

### Viabilidad de los parqueaderos verdes

Los aparcamientos solares permiten cargar los coches eléctricos en el mismo lugar donde están aparcados, utilizando directamente la energía generada por los paneles solares. Este uso eficiente de los recursos reduce las infraestructuras, elimina las pérdidas energéticas por el transporte y utiliza el suelo para una triple función: aparcamiento, producción de energía y suministro de energía para la movilidad por carretera (Fundación Renovables, 2024).

Un estudio en China presentó una plataforma de software diseñada para gestionar de manera óptima los flujos de energía en un aparcamiento alimentado por energía solar que sirve a una flota de vehículos eléctricos. La plataforma utiliza tecnologías de Internet de las Cosas (IoT) para coordinar la carga de los vehículos, maximizando el uso de la energía solar y mejorando la eficiencia operativa del aparcamiento (Varone, 2024).

Por otro lado, Nunes (2016) analiza los beneficios medioambientales y técnicos del aparcamiento solar para la carga de vehículos eléctricos, si bien enfatiza su gran potencial, también señala que aún no son completamente viables en el clima económico actual. Por otro lado, Foles et al. (2019) evalúan diferentes configuraciones de sistemas fotovoltaicos con y sin almacenamiento de energía en el sector residencial portugués. Aunque se centran en aplicaciones residenciales, sus hallazgos son importantes para comprender la viabilidad económica de integrar la energía solar en infraestructuras urbanas como los estacionamientos.

Se identifica las siguientes características en la viabilidad de los parqueaderos verdes como se muestra en la Figura 5.

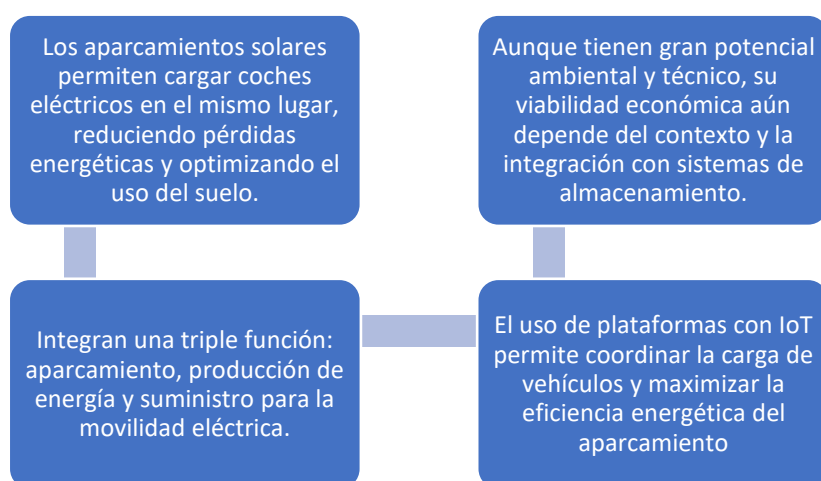


Figura 5. Características en la viabilidad de los parqueaderos verdes

El aparcamiento solar es una solución eficiente para integrar la energía renovable y la movilidad eléctrica utilizando el mismo espacio para aparcar, generar y entregar energía. La implementación de tecnologías IoT permite optimizar la carga de los vehículos y mejorar la eficiencia operativa. Aunque su impacto ambiental y técnico es positivo, la viabilidad económica aún depende de factores locales y del diseño de sistemas con o sin almacenamiento. En general, estos estudios muestran que el estacionamiento solar tiene

un gran potencial para la sostenibilidad urbana, pero requiere planificación y adaptación tecnológica.

## Conclusiones

Los parqueaderos verdes representan una alternativa viable y necesaria para responder a los retos de la movilidad sostenible y la transición energética. La integración de soluciones solares en estos espacios no solo reduce el impacto ambiental, sino que también fortalece la infraestructura de la ciudad contra el cambio climático.

La introducción exitosa en América Latina necesita del impulso de políticas públicas que incentiven proyectos de infraestructura verde, la promoción de la investigación aplicada y la transferencia tecnológica, además de fomentar la cultura ciudadana en torno al uso de energías renovables y la electromovilidad. Los parqueaderos verdes son una propuesta con alto potencial, cuyo desarrollo depende de la articulación entre innovación tecnológica, planificación urbana y compromiso político-social.

## Referencias

- Agencia Internacional de Energía. (2022). Energy Efficiency 2022: Analysis and Outlook to 2025. IEA Publications.
- Ayuso Martín, J. M. (2015). Diseño de una marquesina solar fotovoltaica en la Plaza Campus Universitario y sistema de recarga de coches eléctricos en el aparcamiento subterráneo [Trabajo de fin de grado, Universidad de Valladolid]. Repositorio de la Universidad de Valladolid. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/18530>
- Becerra-Pérez, L. A., González-Díaz, R. R., & Villegas-Gutiérrez, A. C. (2021). La energía solar fotovoltaica: análisis costo-beneficio de los proyectos en México. RINDERESU, 5(2). <http://rinderesu.com/index.php/rinderesu/article/view/104/107>



- Borda Perilla, S. J., Calderón Gómez, J. E., Cantillo Hernández, E. A., Cubillos Avendaño, J. S., Téllez García, A. F., Mora Rey, J. S., & Sánchez Borda, C. S. (2018). Baika: propuesta de un corredor para la movilidad sostenible en el centro histórico de la ciudad de Bogotá. Universidad Piloto de Colombia. <https://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/8603>
- Capacho Pardo, J. F., Cruz Torrado, G. M., & Hernández Ardila, P. X. (2019). Estudio de la integración de la energía solar a una electrolinera para movilidad sostenible [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma del Caribe]. <https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/22376>
- Castro, D. C. G., & Tovar, I. C. D. (2025). Hoja de ruta para la implementación de un sistema de transporte público impulsado por hidrógeno verde en poblaciones rurales.
- Cohen Cárdenas, E. J. (2018). Alternativas de movilidad sostenible en centros históricos de ciudades de tamaño intermedio: Caso de estudio, Sincelejo, Colombia [Tesis de maestría, Universidad del Norte]. <https://manglar.uninorte.edu.co/handle/10584/8140>
- Costa, D. D., & Cobas, V. R. M. (2023). Electric vehicles charged with solar-PV: A Brazilian case study for 2030. *Vehicles*, 5(4), 1743–1759. <https://doi.org/10.3390/vehicles5040095>
- De la Bellacasa Vallejo, S. P. (2022). Movilidad sostenible marítima: los barcos solares [Trabajo académico]. Universidad Pontificia Comillas. <https://repositorio.comillas.edu/rest/bitstreams/527880/retrieve>
- Ding, X. (2023). Evaluation of the energy-economic-environment potential of urban-scale photovoltaic bus parking lots: The case of Tianjin, China. *Journal of*

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652623031414>

Enel X Perú & Banco de Crédito del Perú. (2024). Eco Parking BCP: Parqueadero solar para vehículos eléctricos como parte de estrategia de sostenibilidad. Latam Mobility. <https://latamobility.com>

Figueiredo, R., Nunes, P., & Brito, M. C. (2017). The feasibility of solar parking lots for electric vehicles. Energy, 140, 1182–1197. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.09.024>

Forero, Y. P. L., & Rodríguez, J. H. P. (2022). Eficiencia energética y su impacto en la competitividad. Red Internacional de Investigadores en Competitividad, 16, 1604–1617. <https://riico.net/index.php/riico/article/view/2139/2003>

Foles, A., Fialho, L., & Collares Pereira, M. (2019). Economic evaluation of Portuguese PV and energy storage residential applications. Renewable Energy, 139, 1162–1173. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.02.067>

Fundación Renovables. (2024). Aparcamientos solares con puntos de recarga. <https://fundacionrenovables.org/wp-content/uploads/2024/09/20240925-Aparcamientos-solares-con-puntos-de-recarga.pdf>

Gruezo-Valencia, D. F., & Solís-Mora, V. S. (2022). Inversores inteligentes de energía solar fotovoltaica. Polo del Conocimiento, 7(4), 1246–1266. <https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3887/9020>

Hinestroza Barrios, N. (2023). Diseño de ciclorruta segura, sostenible y amigable con el medio ambiente para la comunidad universitaria [Tesis de grado, Universidad Piloto de Colombia]. <https://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/13399>

- JinkoSolar Holding Co., Ltd. (2021, 18 de enero). The first photovoltaic carport project using JinkoSolar's BIPV product has been connected to the grid in China. <https://jinkosolar.com.au/2021/01/the-first-photovoltaic-carport-project-using-jinkosolars-bipv-product-has-been-connected-to-the-grid-in-china>
- Jimbo Jimbo, M. H. (2018). Iluminación del parqueadero de la Universidad Católica de Cuenca con energía fotovoltaica. [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Cuenca]. <file:///C:/Users/pscjo/Downloads/JIMBO%20%20J.%20MILTON%20H..pdf>
- Kareem, H. K., et al. (2024). The effect of solar panels and vegetation strategy on the sustainability of open spaces. *Civil and Environmental Engineering*, 20(2), 1065–1076. <https://doi.org/10.2478/cee-2024-0077>
- Mohanty, S., Choppali, U., & Koungianos, E. (2016). Everything you wanted to know about smart cities: The Internet of Things is the backbone. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 5(3), 60–70.
- Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. (2018). 68 % de la población mundial vivirá en zonas urbanas para 2050, dice la ONU. <https://www.un.org/es/desa/68-world-population-projected-live-urban-areas-2050-says-un>
- Nunes, P. (2016). The use of parking lots to solar-charge electric vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 464–472. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.04.054>
- Osornio-Cárdenas, J. I., Domínguez-Barreto, O., Miranda-Hernández, A., Reyes-Sandoval, F. A., & Vargas-Rosas, E. M. (2022). Energía solar térmica. *TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río*, 9(18), 41–43.

<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/tepexi/article/view/8879/907>

5

Palacios-López, L. A., Pinargote-Bravo, V. J., Morán-González, M. R., & Navarro-Saltos, G. E. (2025). Estrategias para mitigar el cambio climático en ciudades sostenibles mediante una revisión de la literatura. *Innova Science Journal*, 3(2), 1–13.

<https://innovasciencejournal.omeditorial.com/index.php/home/article/view/49/>

118

Parra, R. (2013). Factor de emisión de CO<sub>2</sub> debido a la generación de electricidad en el Ecuador durante el período 2001–2011. *Avances*, 5(1), C39–C42.

<https://www.researchgate.net/publication/283579316>

Parreño, J., Lara, O., Jumbo, R., Caicedo, H., & Sarzosa, D. (2020). Diseño de un módulo de energía solar como estrategia de ahorro energético y disminución de la emisión de CO<sub>2</sub>. *Agroindustria, Sociedad y Ambiente*, 2(15), 4–18.

Performance evaluation of parking integrated grid connected PV system located in Northern India. (2020). *Environment, Development and Sustainability*, 23(?), 5756–5775. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10668-020-00845-4>

Poveda, M. (2007). Eficiencia energética: recurso no aprovechado. OLADE.

<https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0054.pdf>

Ramírez, M. A. (2012). Energía y sustentabilidad: algunas características de la energía sustentable. *Revista Digital Universitaria*, 13(10).

<https://biblat.unam.mx/hevila/Revistadigitaluniversitaria/2012/vol13/no10/6.p>

df



- Salazar, E., & Gómez, O. (2024). Design and implementation of photovoltaic electric vehicle charging stations: A case study at Universidad Tecnológica de Pereira. *Renewable Energy & Power Quality Journal*. <https://doi.org/10.52152/3909>
- Sandoval Honores, A. A. (2022). Estudio técnico y económico para proyecto de estacionamientos residenciales con techos solares y conexión Net Billing en la ciudad de Antofagasta [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio Académico UChile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/185726>
- Sarmiento Orjuela, D. M., & Rincón Barbosa, D. C. (2022). Estudio técnico del uso de energía solar para la implementación de una zona de recarga de celulares en la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas [Tesis de grado]. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Torres, A. J. B., Díaz, A. E., XuÉ, G. D., & Llanos, J. A. (2020). Soluciones solares fotovoltaicas híbridas implementadas en zonas no interconectadas de Colombia. IPSE–Grupo de Investigación XuÉ, Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”.  
[https://ipse.gov.co/documento\\_prensa/documento/documentos\\_de\\_investigacion](https://ipse.gov.co/documento_prensa/documento/documentos_de_investigacion)
- Trespalcios, J., Blanquicett, C., & Carrillo, P. (2018). Gases y efecto invernadero. Instituto de Desarrollo Sostenible, Universidad del Norte.
- Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM). (2024). Smart Cities Strategies: Data-driven urban energy transition using QGIS heat maps to foster photovoltaic microgeneration in Manta, Ecuador. Observatorio de Energía y Sostenibilidad. <https://www.uleam.edu.ec/la-uleam-estudia-energias-renovables-para-la-movilidad-sostenible-en-manta>

- Varone, A. (2024). Solar parking lot management: An IoT platform for smart energy management. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 189, 113–125.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032123007037>
- Villa, F. (2009). Construcciones verdes. *Alarife: Revista de Arquitectura*, (17), 39.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3195183>
- Zhao, H. (2023). Electric vehicle solar charging station siting study based on GIS and multiple-criteria decision-making method. *Sustainability*, 15(14), 10967.  
<https://www.mdpi.com/2071-1050/15/14/10967>

