



**ESTADO  
DE LA NACIÓN**

**Informe Estado de la Nación 2025**

## **Investigación**

Patrones y desafíos de la gestión y  
uso de la energía para la  
sostenibilidad ambiental

**Investigador:**

Víctor Bazán

San José | 2025



333.7  
B632p

Bazán, Víctor

Patrones y desafíos de la gestión y uso de la energía para la sostenibilidad ambiental / Víctor Bazán. -- San José, C.R. : PEN, 2025.

1 recurso en línea (37 páginas): archivos de texto PDF, 950 KB

ISBN 978-9930-654-41-5

Investigación para el Informe Estado de la Nación 2025 (no. 31)

1. SOSTENIBILIDAD. 2. ELECTRICIDAD. 3. RECURSOS ENERGÉTICOS. 4. VEHÍCULOS ELÉCTRICOS. 5. PRODUCTOS DE PETRÓLEO.  
I. Título.



### Información de la persona autora:

**Víctor Bazán.** <https://orcid.org/0000-0002-4891-0527>

Esta obra se comparte bajo la licencia

**Reconocimiento – No Comercial – Compartir Igual**

**(CC-BY-NC-SA)**

Permite usar una obra para crear otra obra o contenido, modificando o no la obra original, siempre que se cite al autor, la obra resultante se comparta bajo el mismo tipo de licencia y no tenga fines comerciales



## Índice

Descargo de responsabilidad .....	4
Resumen .....	4
Palabras clave.....	5
Hallazgos relevantes.....	5
Situación energética nacional, periodo 2023-2024 .....	8
Transporte y energía asociada para satisfacer este servicio .....	11
Movilidad eléctrica .....	19
Electricidad como fuente renovable .....	25
<i>Características del Sistema Eléctrico Nacional</i> .....	29
Desafíos del sistema energético.....	31
Referencias bibliográficas .....	34
Consultas con informantes claves del subsector energía.....	37

## **Descargo de responsabilidad**

Esta investigación se realizó para el *Informe Estado de la Nación 2025*. El contenido es responsabilidad exclusiva de su autor, y las cifras pueden no coincidir con las consignadas en el capítulo respectivo, debido a revisiones posteriores. En caso de encontrarse diferencia entre ambas fuentes, prevalecen las publicadas en el Informe.

## **Resumen**

En el periodo de investigación de este estudio se muestra que Costa Rica ha logrado mantener un acceso sostenido y accesible a los recursos energéticos para su población, lo cual ha reducido los índices de pobreza nacional, pero no ha conseguido modificar ni diversificar la cartera de productos energéticos, que se mantiene sin variación desde hace varias décadas, y cuya principal fuente de energía consumida son los derivados de petróleo—estos representan un 72,8 % de la energía secundaria utilizada—, donde el sector de transportes terrestres es el que utiliza aproximadamente tres cuartas partes de esta energía. Esto implica que el país sigue siendo altamente dependiente de los combustibles importados: los 25,5 millones de barriles de petróleo consumidos durante el 2024 significa emisiones crecientes de gases contaminantes a la atmosfera debido a la combustión, alejándonos de los compromisos internacionales de emisiones de gases de efecto invernadero y aumentando la contaminación atmosférica localmente con contaminantes criterio. En el caso de la electricidad vemos que el sistema eléctrico nacional, en su configuración actual, pudo soportar uno de los eventos climáticos más extremos en cuanto a sequías de los últimos años. Si bien, en un par de periodos se tuvieron que activar los protocolos por posible desabastecimiento de electricidad, debido al poco recurso hídrico y eólico, estos no llegaron a ejecutarse durante todo el año. No obstante, sí nos alerta sobre la vulnerabilidad del sistema eléctrico nacional tanto por los eventos climáticos extremos, que se están presentando con mayor frecuencia y severidad, así como por la necesidad de gestionar los recursos renovables variables que presentan una mayor participación en la matriz eléctrica nacional. Finalmente, se encuentra que, durante el periodo de estudio, se ha visto un abandono a la actualización y seguimiento de los planes energéticos nacionales, donde los avances son debido a la inercia de los planes propuestos por administraciones anteriores y a las empresas estatales a cargo de las dos fuentes de energía

principales que consume el país, pero hay una renuncia a actualizar estos ni a innovar en nuevos planes para el subsector. Por esta razón, es necesario volver a implementar una planificación energética integrada y guiada para satisfacer las necesidades de la población y no ejecutar a la libre, proyectos controlados por fuerzas del mercado y orientados por una planificación indicativa débil.

### **Palabras clave**

Derivados del petróleo, electricidad, renovables, vehículos eléctricos, seguridad energética, sostenibilidad, emisiones.

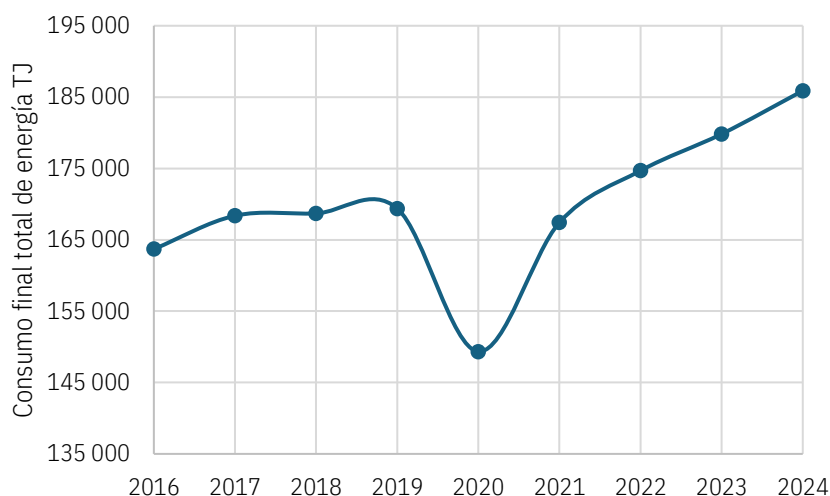
### **Hallazgos relevantes**

De acuerdo con las Naciones Unidas: “la energía es fundamental para el desarrollo socioeconómico. La disponibilidad y el acceso a la energía y a las fuentes de energía son particularmente esenciales para la reducción de la pobreza y la mejora continua del nivel de vida. Al mismo tiempo, con el aumento constante de la demanda de energía, existe una creciente preocupación por la sostenibilidad y la fiabilidad de los patrones actuales de producción y consumo, así como por el impacto del uso de combustibles fósiles en el medio ambiente” (United Nations, 2018). Lo anterior concuerda con lo establecido en el Objetivo de Desarrollo Sostenible No. 7, que indica la necesidad de garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Objetivo 7 | Objetivos de Desarrollo Sostenible

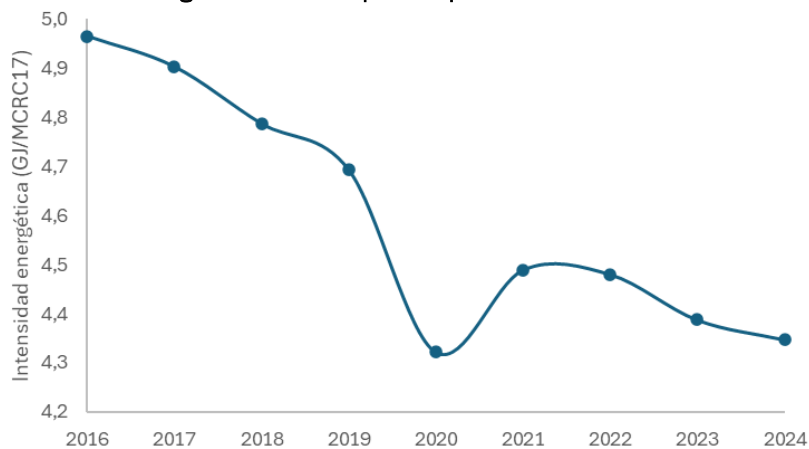
**Gráfico 1**  
Consumo final total de energía para el periodo 2016-2024



Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior sugiere que, mientras las naciones tengan acceso a energía, es posible mantener un desarrollo socioeconómico, con la promesa de reducir la pobreza y una mejora continua del nivel de vida. En este orden de ideas, Costa Rica ha mantenido un creciente consumo de energía total, es decir, una disponibilidad del recurso energético para desarrollar actividades productivas, tal como se observa en el gráfico 1, y con una continua reducción en la intensidad energética en su uso, excepto durante el periodo de la pandemia, de acuerdo con el gráfico 2. Esto se debería de traducir en una disminución tanto de la pobreza como de la desigualdad, como lo demuestra el gráfico 3 a) y b).

**Gráfico 2**  
Intensidad energética nacional para el periodo 2016-2024

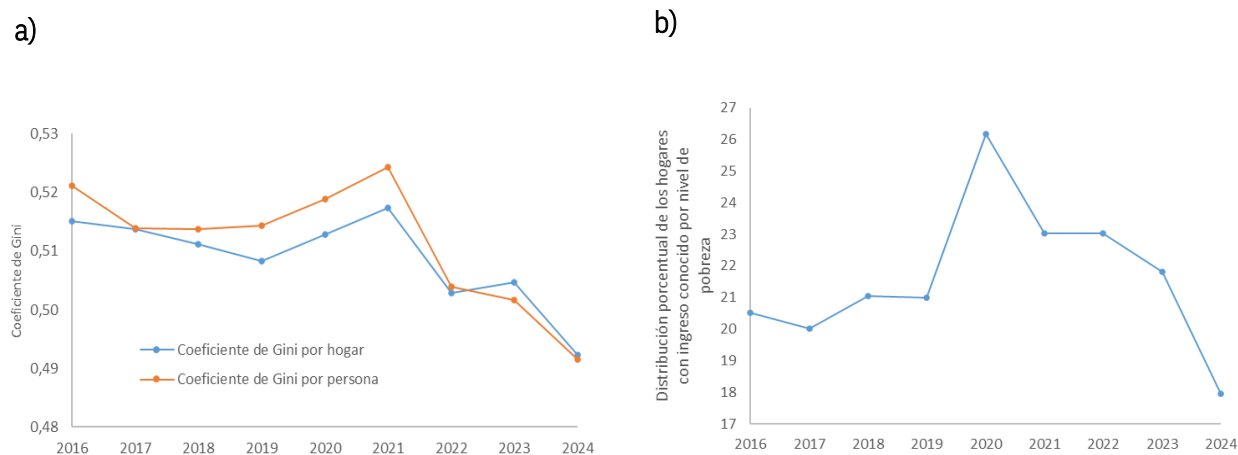


Fuente: Elaboración propia.

Al comparar el crecimiento en el consumo final total de energía durante el periodo 2016-2024, este ha aumentado un 13,5 %. La intensidad energética se ha reducido un 12,4 %; la pobreza también ha decaído un 12,5 %; mientras que la desigualdad, representada por el índice de Gini en los hogares y por persona, ha caído un 4,4 % y un 5,7 %, respectivamente. Esto podría implicar que la disponibilidad y el acceso a la energía y sus fuentes sí son esenciales para la reducción de la pobreza, lo cual también involucra un costo ambiental muy alto que pagamos directamente, debido a la fuente energética principal utilizada, específicamente los derivados de petróleo que representan el 72,8 % de la energía secundaria en uso. Es decir, la misma fuente relacionada con la contaminación atmosférica que afecta directamente a la población, al medio ambiente e incluso a nuestra economía.

Gráfico 3

a) Índice de Gini y b) distribución relativa de los hogares por pobreza durante el periodo 2016-2024



Fuente: Elaboración propia.

Ahora bien, se entiende que el acceso a la energía es importante para lograr estos objetivos de reducción de pobreza y la mejora continua del nivel de vida; pero, más allá de acceder a energía asequible, segura, sostenible y moderna, lo que se requiere es satisfacer los servicios básicos —entiéndase al servicio como la acción o conjunto de actividades que satisfacen una determinada necesidad— que precisa la población de una forma eficiente y efectiva, de manera que se alcancen las metas fijadas como sociedad.

Hay que recordar que los recursos energéticos son limitados y responden simplemente a las decisiones sobre los modos seleccionados para satisfacer los servicios requeridos. Por ejemplo, para atender adecuadamente el servicio de transporte de las poblaciones, existen distintas modalidades a escoger: movilidad activa o motorizada. En este último caso, puede optarse por una movilización colectiva o individualizada, ya sea alimentada por un motor eléctrico o a combustión, donde este último puede escoger entre combustibles derivados de petróleo o biocombustibles.

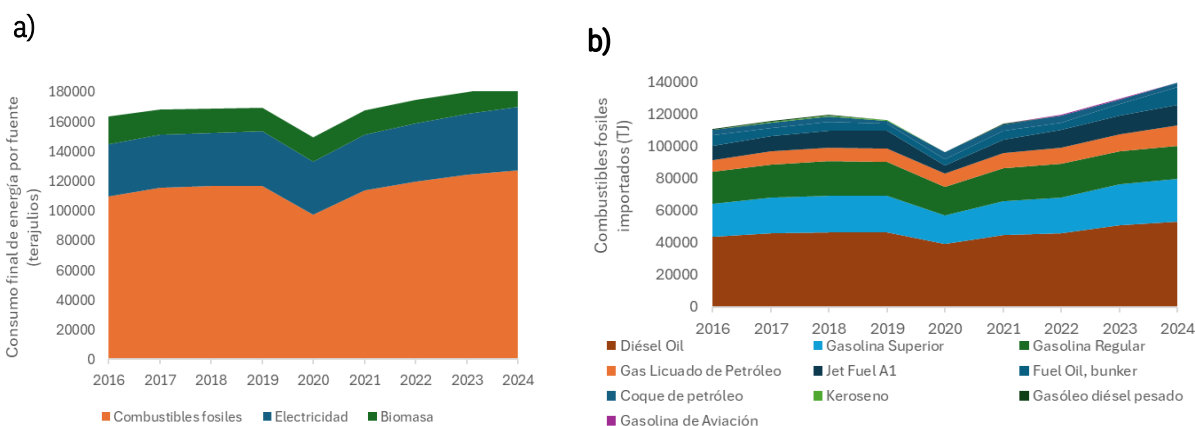
De esta manera, ante el panorama de la existencia de recursos energéticos limitados, y la alta factura ambiental debido al uso de fuentes fósiles y la continua necesidad de satisfacer los servicios requeridos por la población para reducir la pobreza y mejorar el nivel de vida, es necesario controlar los patrones de uso y consumo actuales para que avancemos hacia una sostenibilidad energética y progreseemos con la seguridad energética que el país requiere.

### Situación energética nacional, periodo 2023-2024

Durante el periodo 2023-2024, el país mantuvo la tendencia al crecimiento en el consumo final de la energía, incluso más acelerada que el periodo anterior. con un total de 185 885 TJ consumidos para el 2024. Esto representa un incremento de 3,4 % con respecto al año anterior, comparado con el 2,9 % registrado durante el periodo 2023-2022 (gráfico 4).

Gráfico 4

a) Distribución del consumo final de energía y b) consumo de combustibles en Costa Rica, periodo 2016-2024



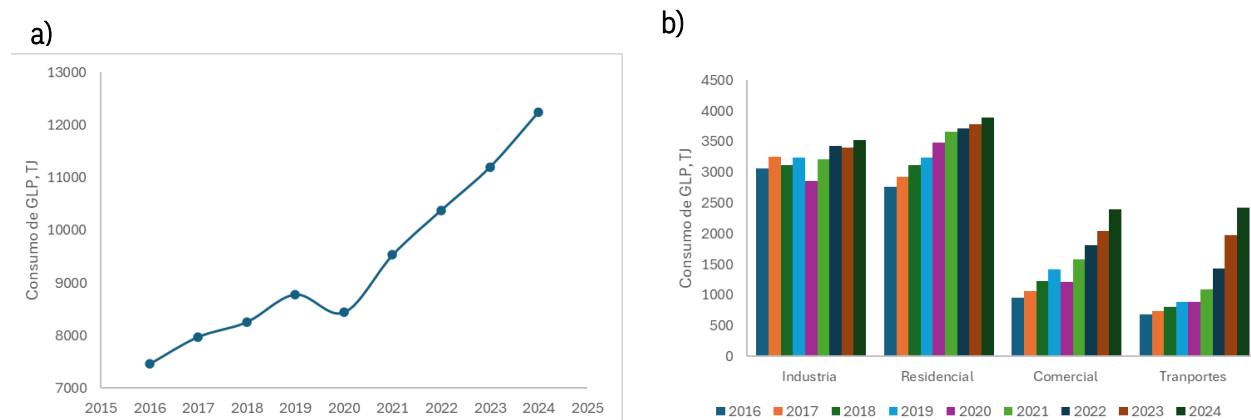
Fuente: Elaboración propia.

De este consumo final total de energía, el 68,4 % proviene del uso de combustibles fósiles, principalmente derivados de petróleo; el 23,2 % corresponde a toda la electricidad generada por diversas fuentes y un 8,4 % es por el uso de biomasa. Esto implica que nos mantenemos altamente dependientes del uso de combustibles fósiles para movilizar la economía de nuestro país, ya que, si bien el crecimiento durante el 2024 fue menor que en el 2023, este fue liderado por el incremento en el consumo de combustibles destinados a actividades fuera del transporte terrestre, por ejemplo, la crecida en consumo de fueloil No. 5 (conocido como búnker) y diésel para la generación eléctrica; combustibles para aviación (Jet Fuel A1 y Av Gas); coque de petróleo para procesos industriales y gas licuado de petróleo para aplicaciones de calor tanto en residencias como en general e industria. Este último nos indica un cambio de modalidad para prestar el servicio de calor, específicamente la cocción en los sectores residencial y general, con el cambio de cocinas eléctricas a cocinas a gas.

Tal como lo presenta el gráfico 5, todos los sectores del país han incrementado su consumo de GLP, donde el sector residencial y transportes mantienen un creciente continuo en todo el periodo de registro para este estudio. Transportes es el sector que ha tenido mayor crecimiento en el último año, con un incremento de un 23 % interanual, seguido por el sector comercial con un 17 % y finalmente el industrial y residencial registran incrementos de un 4 % y 3 %, respectivamente. Como ya se mencionó, este incremento en el consumo de GLP y el cambio de modalidad en la forma de brindar el servicio de calor y vapor en los sectores comercial y residenciales un fenómeno que significa la carbonización de este y su reversión a una modalidad descarbonizada va a ser tardía. Adicionalmente, existe una asociación entre consecuencias adversas para la salud y la exposición al dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) generado por la combustión del GLP en interiores. De acuerdo con el metaanálisis elaborado por Lin et al. (2013), se proporciona evidencia cuantitativa que cocinar a gas con pobre ventilación aumenta el riesgo de asma y el NO<sub>2</sub> en interiores aumenta el riesgo de sibilancias en niños, donde el riesgo de asma general en niños expuestos fue de 1,32.

Gráfico 5

Evolución en el consumo de Gas Licuado de Petróleo en el país y b) Distribución del consumo en los distintos sectores nacionales



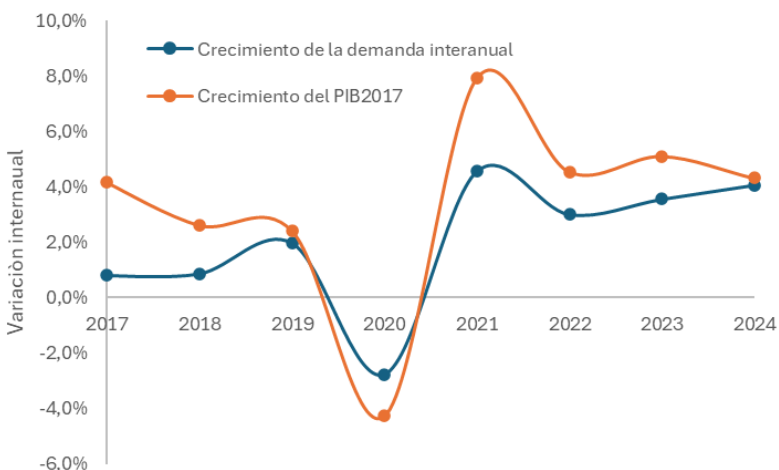
Fuente: Elaboración con datos de Aresep.

En el caso de los sectores industrial y transportes, el consumo de GLP se toma como una migración hacia combustibles con menores emisiones de gases contaminantes. El sector transportes estaría sustituyendo gasolinas por gas, lo cual reduce casi un 10 % las emisiones de gases de efecto invernadero<sup>2</sup>; mientras que en el sector industrial se estarían, potencialmente, sustituyendo combustibles residuales para los servicios de calor y vapor industriales, aunque no se tienen registros sobre su veracidad, ya que no existen registros actualizados sobre el sector industrial nacional (Chacón Vásquez et al., 2018).

<sup>2</sup> Conceptos Básicos Sobre el Propano, Clean Cities, Energy Efficiency & Renewable Energy (EERE)

Gráfico 6

Variación interanual de la demanda eléctrica nacional y el producto interno bruto



Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la matriz eléctrica, esta no presenta cambios con respecto a la tendencia de años anteriores, donde se mantiene un alto índice de cobertura (99,4 %) y sostenibilidad, e independencia de fuentes externas y fósiles (89,6 % renovables). Las fuentes principales para generación eléctrica nacional se mantienen igual con: hídrica, eólica, geotérmica, solar, bioenergía y térmica. De estas fuentes de generación —incluyendo tanto la generación centralizada como la distribuida—, durante los dos últimos años se ha mantenido una alta cuota de independencia al uso de combustibles fósiles, pues en el 2023 y 2024, solo un 5 % y 10,4 % de la generación provino de esta fuente no renovable, respectivamente, situación esperable para una matriz eléctrica altamente dependiente de fuentes renovables. Además, durante el 2024, se presenta un crecimiento de la demanda eléctrica del 4,1 % con respecto al año anterior, previo a esto fue de un 3,6 %. Al comparar el incremento de la demanda con respecto a la variación interanual de producto interno bruto nacional a precios constantes del 2017, se encuentra que estos se correlacionan y se concluye que la variación de la demanda eléctrica nacional está impulsada por el aumento en la actividad económica en el país.

### Transporte y energía asociada para satisfacer este servicio

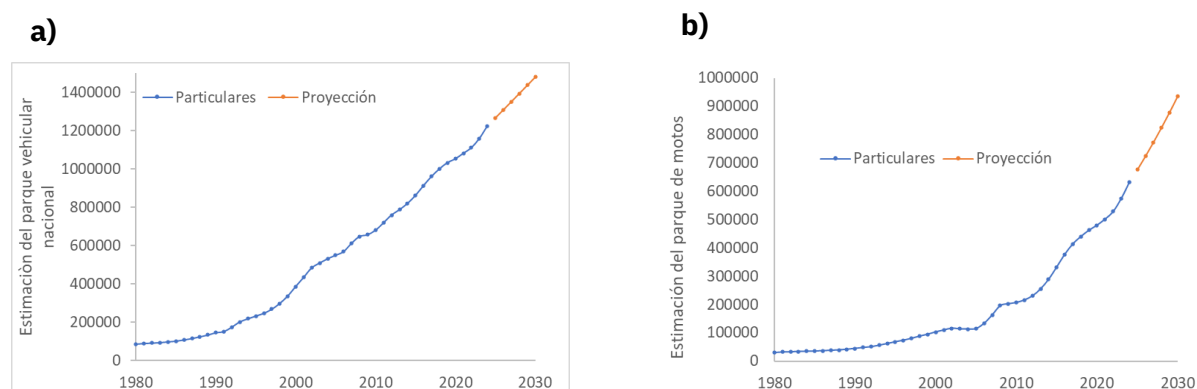
El sector transportes se mantiene como el principal consumidor de combustibles fósiles, utilizando 91 151 TJ de los 127 154 TJ disponibles a partir de esta fuente, lo cual implica que el 72 % de la energía proveniente de derivados de petróleo se asignan a la movilización de

personas y carga. Este resultado es preocupante desde la perspectiva de la eficiencia energética, sobre todo cuando se promueve el uso individualizado de vehículos sobre el transporte colectivo de pasajeros. La eficiencia en el uso de energía de los motores de combustión (la mayoría por el momento en Costa Rica) en general es baja; de acuerdo con Mellari (2024), los motores a gasolina (la mayoría de los vehículos particulares en el país) tienen una eficiencia de un 20 % a un 30 %, mientras que los motores diésel modernos (la mayoría de los vehículos para el transporte de colectivo y de carga) presentan una eficiencia alrededor de un 40 %. Por lo tanto, para optimizar la asignación de estos recursos energéticos para satisfacer el servicio de transporte de personas, se debería promover el uso del transporte colectivo y otras modalidades de transporte, como el activo.

El crecimiento en el consumo de combustibles debido a la promoción del transporte individualizado de pasajeros también se puede explicar al revisar el aumento del parque vehicular nacional. Al actualizar la base de datos elaborada por la desaparecida Secretaría de Planificación del Subsector Energía del Minae, para el 2024, se estimó que existían alrededor de 1 222 000 vehículos particulares en el país, es decir, el doble de vehículos particulares que se estimaron para el 2007. En 17 años, se duplicó la cantidad de vehículos particulares que circulaban en el territorio nacional, sin embargo, duplicar la cantidad de vehículos existentes en el 2007 solo tomó 9 años (1998) y duplicar esa cantidad de vehículos particulares solo había tomado antes de eso 8 años (1990). Por esta razón, el resultado es un crecimiento acelerado del parque de vehículos particulares en el país, generando una gran presión al sistema vial nacional. Una situación similar se presenta en el parque de motocicletas nacional, que desde 1990 solo le tomó 9 años duplicar la flota existente. En el gráfico 7 a) y b) se aprecia el crecimiento para estos dos tipos de vehículos y su proyección a corto plazo.

Gráfico 7

a) Parque nacional de vehículos particulares y b) parque nacional de motos

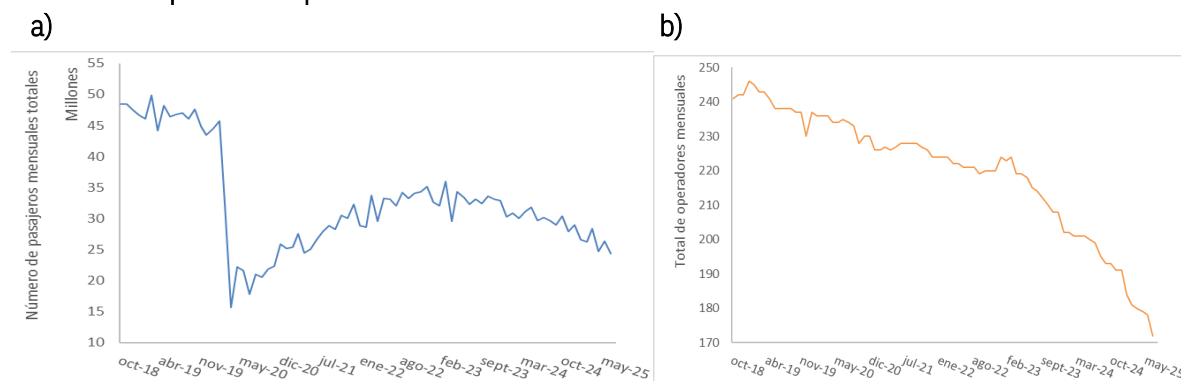


Fuente: Elaboración propia.

Esto genera una gran presión a todo el sistema de transportes nacional, ya que la infraestructura vial del país no está diseñada para este incremento de vehículos; de acuerdo con Gómez et al. (2024), casi la mitad de todas las carreteras presentan congestión vial en horas pico, lo cual muestra un aumento relativo de la congestión cuando se compara por años. Aunado a esto, se presenta el abandono sistemático que sufre actualmente el transporte colectivo de pasajeros, por ejemplo, el servicio autobusero pasó de movilizar 46,4 millones de pasajeros en promedio mensual durante el 2019, a movilizar en promedio 30 millones de pasajeros por mes durante el 2024. Además, durante los primeros 6 meses del 2025, solo ha movilizó 26,1 millones de pasajeros en promedio por mes, como se observa en el gráfico 8 a). Consecuentemente, esto implica menores ingresos percibidos por las empresas que brindan el servicio de bus, lo cual reduce su rentabilidad y la continuidad del servicio.

Gráfico 8

Cantidad mensual total de pasajeros movilizados por el servicio de autobuses a nivel nacional y número mensual de operadores que brindan el servicio de autobús



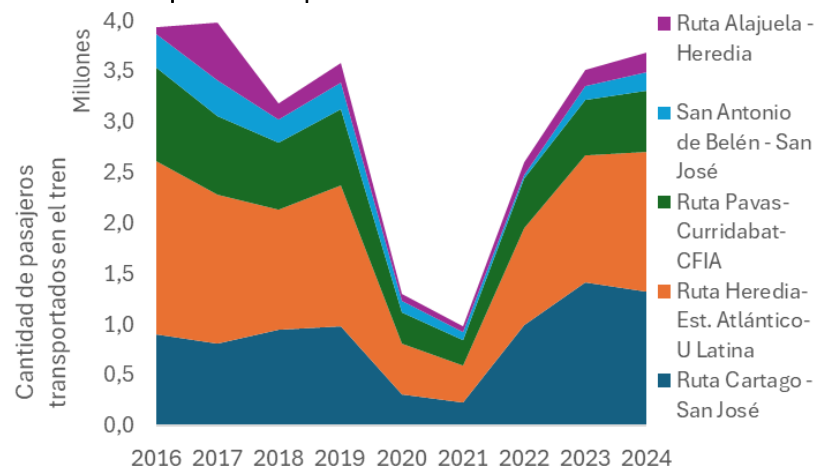
Fuente: Elaboración con datos de Aresep. Pasajeros movilizados e ingresos autobuses.

En cuanto a las empresas autobuseras, para el 2019 se tenían 241 operadores del servicio en promedio mensual; no obstante, en el 2024, este promedio cayó a 197 operadores y, para este 2025, el promedio es de 179 operadores, gráfico 8 b). La disminución del número de usuarios y el número de operadores hace que el servicio de autobús se deteriore, lo cual afecta a todos los usuarios de este servicio, en especial a las personas que no tienen otra posibilidad de movilización, sobre todo si el servicio deja de existir en sus comunidades. Este deterioro también impulsa a los usuarios a tener que invertir más para satisfacer su necesidad de movilidad, ya sea al invertir en un vehículo propio o contratar servicios de plataforma digitales para el transporte. De la misma forma, cualquiera de las dos situaciones hace que existan más vehículos particulares en carretera, y en consecuencia, mayor presión al sistema de transportes.

La otra modalidad del servicio de transporte colectivo que existe en el país es el servicio de tren. De acuerdo con Incofer (2025), este servicio logró movilizar 3 689 747 pasajeros durante el 2024, lo que significa que se mantiene en crecimiento desde el final de la pandemia. Aunque su incremento fue inferior a los reportados durante el 2022 y 2023, en el 2024, la cantidad de pasajeros transportados en tren creció un 5 %, mientras que en los dos años anteriores había crecido un 35 % y un 164 %. En el gráfico 9, se aprecia el comportamiento antes descrito, aun cuando no logra alcanzar el mismo número de pasajeros transportados durante el 2017, se mantiene un 7 % debajo de ese pico de pasajeros transportados. Aunque es alentador que cada vez más usuarios utilicen el transporte colectivo del tren, el número de pasajeros en tren es muy inferior al que se movilizan el transporte colectivo en bus.

Gráfico 9

Cantidad mensual total de pasajeros movilizados por el servicio de autobuses a nivel nacional y número mensual de operadores que brindan el servicio de autobús



Fuente: Elaboración propia con datos de Incofer.

Adicionalmente, es interesante que en todas las rutas del tren se presentan crecimientos en la cantidad de pasajeros transportados, excepto la ruta Cartago – San José. Esta ruta presentó una reducción de un 6,4 % en el número de pasajeros que utilizan el tren, pero al mismo tiempo se redujeron en un 11,6 % los usuarios del servicio colectivo de bus ruta Cartago – San José, gráfico 10. Por estas disminuciones, se teme que muchos de estos pasajeros se hayan cambiado a utilizar vehículo particular para satisfacer su necesidad de movilización. También esto puede explicar por qué los cantones del este de la GAM presentan porcentajes de saturación de la red vial más elevados que el promedio nacional: Montes de Oca, Curridabat, La Unión y Cartago (Gómez et al., 2024).

Gráfico 10

Cantidad mensual total de pasajeros movilizados por el servicio de autobuses, ruta Cartago San José

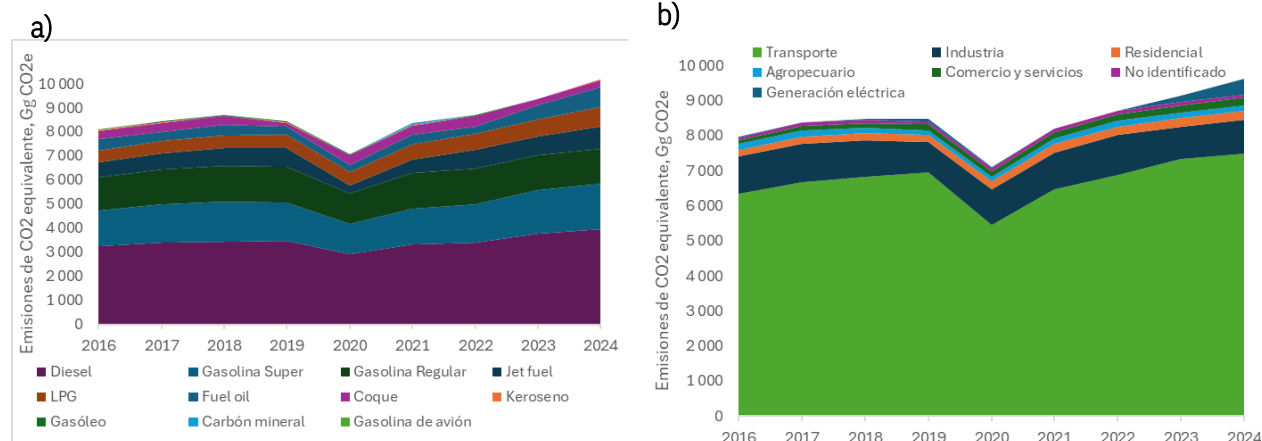


Fuente: Elaboración propia con datos de Aresep. Pasajeros movilizados e ingresos autobuses.

Además de la promoción individualizada sobre la colectiva para satisfacer las necesidades de movilización, se tiene como resultado un aumento constante de la demanda de los derivados de petróleo, la cual genera una creciente preocupación por la sostenibilidad. Es necesario entender que el resultado de este modelo de movilización genera emisiones contaminantes de gases cada vez más crecientes. En el gráfico 11, se observan al diésel y las gasolinas como las principales responsables de las emisiones de CO<sub>2</sub> de todos los derivados de petróleo utilizados en el país, pues el 72 % están relacionadas con la combustión de estos derivados. Incluso, el aporte del uso de diésel para generación eléctrica es insignificante al compararlo con las cantidades de emisiones que se generan por la combustión para el transporte. Esto también se puede apreciar en el gráfico 10, tanto por tipo de combustible como por el sector responsable de utilizarlos para satisfacer sus servicios.

Gráfico 11

Emisiones relacionadas con la combustión de derivados de petróleo y sectores responsables de estas emisiones



Fuente: Elaboración propia.

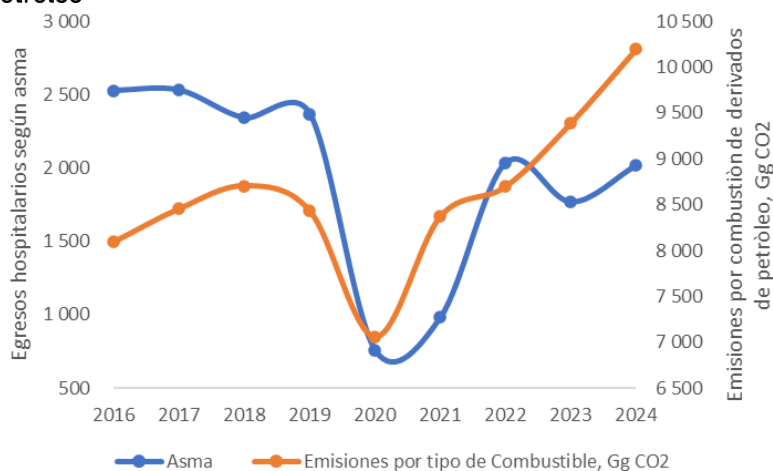
Otras vinculadas a las emisiones de CO<sub>2</sub> son las emisiones de contaminantes criterio, los cuales tienen efectos negativos para la salud humana, entre los que destacan: el monóxido de carbono (CO), el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), ozono (O<sub>3</sub>) y el material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>). Estos contaminantes son utilizados como criterio para valorar el estado de la calidad del aire. Esto no quiere decir que no existan otros contaminantes de naturaleza tóxica para el ser humano, que aparecen según las circunstancias y provocan otro tipo de afectaciones en salud; por ejemplo, metales pesados, compuestos orgánicos volátiles, compuestos orgánicos persistentes, entre otros (Rojas Marín et al., 2025).

Para este año, el Ministerio de Salud tiene planificada la publicación del “X Informe de Calidad del Aire Gran Área Metropolitana de Costa Rica 2023 – 2024”, actualización del IX informe. Aunque el informe no ha sido publicado para el momento de este estudio, se tiene acceso a los datos preliminares, pero aún hace falta información para comparar la evolución de la calidad del aire en todos sus parámetros. Con la información preliminar accedida, se obtiene que existe un deterioro de la calidad del aire en los sitios de muestreo para los contaminantes NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>. La concentración de NO<sub>2</sub> promedio anual registradas para las tres campañas en los puntos de muestreo pasa de 31,2 µg/m<sup>3</sup> en el 2022, a 35,4 µg/m<sup>3</sup> en el 2023; mientras que el SO<sub>2</sub> presenta una ligera reducción en el mismo periodo, al pasar de 25,1 µg/m<sup>3</sup> a 24,8 µg/m<sup>3</sup>. Estos resultados son alarmantes, si bien los valores registrados están dentro de los límites establecidos por el Ministerio de Salud, estos se encuentran muy por encima de los límites

recomendados por la Organización Mundial para la Salud (OMS):  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  anual para el caso de  $\text{NO}_2$  y  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para una exposición de corto plazo (24 horas) de  $\text{SO}_2$  (WHO, 2021).

Gráfico 12

Egresos hospitalarios según asma por año y emisiones relacionadas con la combustión de derivados de petróleo



Fuente: Elaboración propia con datos del anuario CCSS, 2024.

De acuerdo con los datos preliminares del Ministerio de Salud, se empezó a registrar el ozono en el 2023 en diversos puntos del área metropolitana, con valores pico de  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el mes de junio ubicados en Belén de Heredia; como la OMS recomienda un límite de  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  durante el pico de estación (seis meses consecutivos del año con la concentración de ozono promedio móvil semestral más alta), los datos no son del todo comparables, por lo que es necesario que se siga registrando este contaminante para evaluar sus niveles reales. De acuerdo con la OMS, el ozono es un factor importante que provoca asma (o la empeora), además el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre también pueden provocar asma, síntomas bronquiales, inflamación pulmonar y reducción de la función pulmonar.<sup>3</sup> Esto correlaciona la idea expuesta en Bazán Salazar (2024), donde las emisiones de gases de combustión siguen el mismo patrón que los egresos hospitalarios por diagnósticos de asma, gráfico 11.

<sup>3</sup> <https://www.who.int/news-room/spotlight/how-air-pollution-is-destroying-our-health>.

Esto último está en concordancia con el estudio realizado por Huang et al. (2021), donde se proporciona evidencia epidemiológica sólida de que la exposición prolongada al NO<sub>2</sub>, un indicador de los contaminantes atmosféricos provenientes del tráfico se asocia con un mayor riesgo de mortalidad cardiovascular y respiratoria, que podría ser independiente de otros contaminantes atmosféricos criterio. Adicionalmente, Münzel et al. (2022) realizaron una revisión exhaustiva por expertos sobre Enfermedades No Transmisibles (ENT) —enfermedades cardiovasculares (ECV), enfermedades respiratorias y metabólicas crónicas— y encontraron que el riesgo de ENT está estrechamente asociado con la exposición a factores de estrés ambiental como los contaminantes atmosféricos, entre otros.

En adición a todo lo anterior, el país adquirió una serie de compromisos internacionales de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero desde el 2015 (Gobierno de Costa Rica, 2021). Sin embargo, el único escenario que se presenta actualmente es el de las crecientes emisiones que se generan por la combustión de derivados de petróleo para satisfacer nuestras necesidades individuales, el cual se dirige en la dirección opuesta a los compromisos internacionales. Para dimensionar este problema, en el 2020 se promulgó la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC por sus siglas en inglés) donde se estableció que Costa Rica se compromete a un máximo absoluto de emisiones netas en el 2030 de 9,11 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>eq), incluidas todas las emisiones y todos los sectores cubiertos por el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Para el año en que se publicó la NDC, se emitieron 7 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> por la quema de combustibles, mientras que en el 2024 se emitieron 10,1 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> por la misma razón y no se prevé una reducción drástica para alcanzar esta meta titular en mitigación al 2030. Al final, seguimos emitiendo tanto GEI como contaminantes criterio, y estos últimos están enfermando a nuestra población, lo cual se traduce en un retroceso de la meta socioeconómica de mejorar estándares de vida.

## **Movilidad eléctrica**

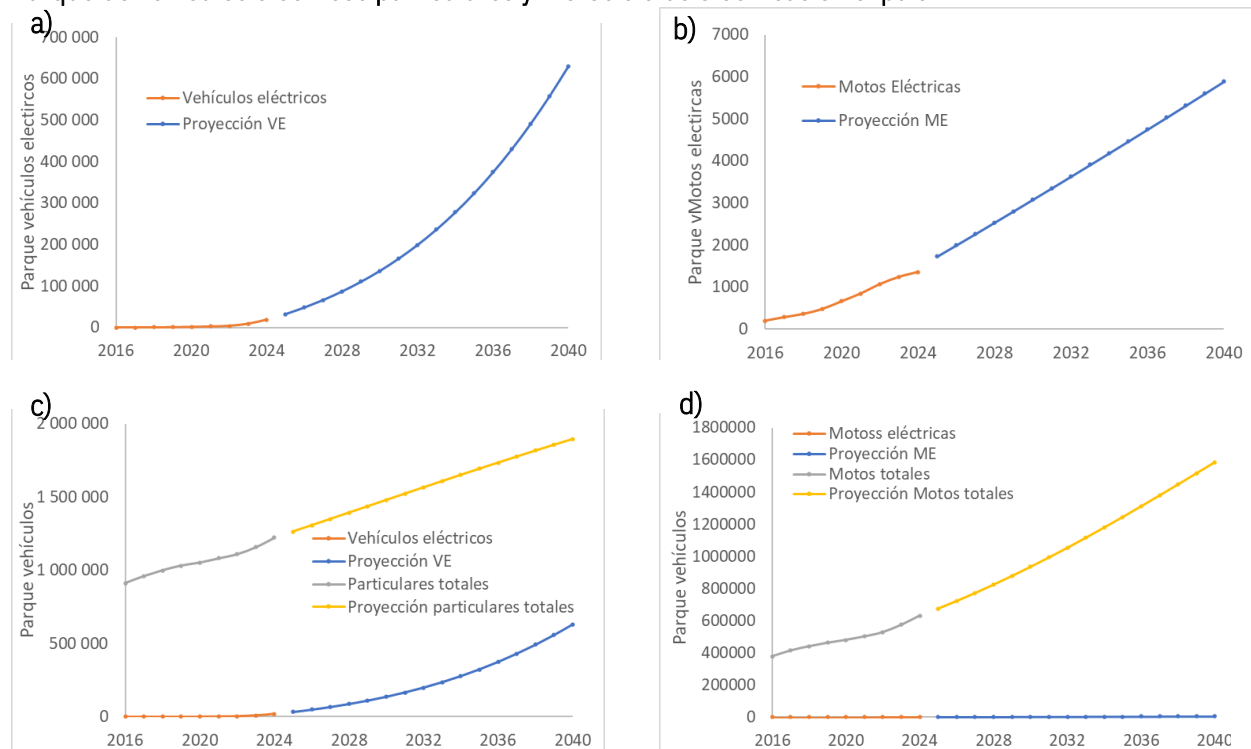
Parte de los esfuerzos realizados en el pasado para reducir las crecientes emisiones de gases contaminantes fue la introducción de vehículos eléctricos para sustituir los vehículos a combustión, esfuerzos descritos en el Plan Nacional de Descarbonización, Plan Nacional de

Transporte Eléctrico, Plan Nacional de Energía y Panorama Nacional Movilidad eléctrica en Costa Rica (Gobierno de Costa Rica, 2019; Mideplan, 2025; Minae, 2015, 2019).

Si bien estos esfuerzos han logrado incrementar la flota de vehículos y motos eléctricas en el país de forma exponencial, aún esta se mantiene baja con respecto a la flota total; por ejemplo, para el 2024, se tiene un registro de 18 536 vehículos particulares eléctricos con placa en circulación (un incremento de 109 % con respecto al año anterior), mientras que para junio de este año se tienen registrados 23 926 vehículos particulares eléctricos con placa circulando. Aproximadamente, para finales del 2024, los vehículos particulares eléctricos en el país representaron el 1,5 % de la flota total transitando y se espera que —de acuerdo con las proyecciones realizadas para este estudio— en el 2040 el 33,3 % de los vehículos en carretera sean eléctricos. En el caso de las motocicletas eléctricas, su participación en el parque total de motos es muy baja, con cerca del 0,22 % en el 2024 y se estima que se mantendrá menor al 1 % aun en el 2040, gráfico 13 a) y b).

Gráfico 13

Parque de vehículos eléctricos particulares y motocicletas eléctricas en el país



Fuente: Elaboración propia.

Una de las visiones de transformación establecidas en el Eje 2 del Plan de Descarbonización, “Transformación de la flota de vehículos ligeros a cero emisiones, nutrido de energía renovable, no de origen fósil”, propone que en 2035 un 30 % de la flota de vehículos ligeros — privados e institucionales— será eléctrica. En 2050, el 95 % de la flota será de cero emisiones. Al proyectar para estas dos fechas hito, se tiene que la flota de vehículos particulares eléctricos alcanzará el 19 % de la totalidad de vehículos particulares esperados para el 2035 y un 70 % para el 2050 (Gobierno de Costa Rica, 2019). Este eje no se logrará alcanzar tal como se plantea hasta que no exista una sustitución de los vehículos de combustión actuales y futuros por otras modalidades de transporte más eficientes. Actualmente, los vehículos eléctricos entran como una adición a la oferta de tecnologías, sin embargo, en el corto y mediano plazo no se está viendo como una sustitución de la flota de vehículos de combustión en el parque nacional, gráfico 13 c) y d).

Si bien existe una reducción de las emisiones que los vehículos eléctricos generarían debido a la alta renovabilidad de la matriz eléctrica nacional, su impacto es conservador. Además, no hay suficiente información para determinar de forma precisa las emisiones evitadas por el uso de vehículos eléctricos particulares en el país. Tampoco existen, entre otros, registros actuales de cuál es el recorrido promedio anual de estos vehículos, ni cuanta es la economía promedio de un vehículo de combustión para el parque vehicular nacional en las condiciones de circulación vigentes. La economía de un vehículo se refiere a la cantidad que distancia que este recorre por unidad de volumen de combustible y depende directamente de las condiciones de conducción en las que se encuentre, por ejemplo, a mayor congestión vial menor será la economía. Por otro lado, el recorrido promedio anual se refiere a la distancia promedio nacional que los vehículos eléctricos particulares recorren durante un año: el primero necesita de una serie de mediciones nacionales para determinar cuánto se puede conducir por litro de combustibles, y la segunda se registraba en los anuarios de la Revisión Técnica Vehicular, pero el Ministerio de Obras Públicas y Transportes no volvió a publicar estos resultados desde el 2020.

Aun con esta carencia de información, se calculan algunos valores indicativos sobre el impacto de los vehículos eléctricos en el país a partir de los datos registrados por el MINAE sobre el parque de vehículos eléctricos y algunos datos de referencia internacional. Por ejemplo, el valor reportado de Economía de un Vehículo de Gasolina (9,264 km/l) por la Oficina de Eficiencia Energética y Energía Renovable del Departamento de Energía de EE.UU.; los valores registrados previos a la pandemia por Riteve SyC (2020) en el 2019 para automóviles (14820 km/año) y los factores de emisión de gases de efecto invernadero que periódicamente publica el Instituto Meteorológico Nacional (IMN, 2025). De acuerdo con lo anterior, se tiene que para el 2024 se evitaron aproximadamente 64 Gg de CO<sub>2</sub> equivalentes por el uso de vehículos eléctricos particulares para prestar el servicio de transporte particular, cifra superior a los 1,03 Gg de CO<sub>2</sub> esperados por la CNFL por la red de recarga<sup>4</sup> además, según la Energy Agency (2024), se espera que la mayoría de las cargas se realicen en los hogares y no en la red de recarga pública. La expectativa es que en el 2030 y 2040 esa cifra ascienda a 469 Gg y 2064 Gg de CO<sub>2</sub> equivalentes evitadas, respectivamente, por el uso de vehículos eléctricos particulares para prestar el servicio transportes. En el gráfico 14, se aprecia cómo el crecimiento del parque de vehículos eléctricos particulares evita cada vez más las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes. Pero al comparar el orden de magnitud de estas emisiones evitadas con las emisiones actuales por la combustión de derivados de petróleo, existe una brecha importante donde es necesario actuar si se desea el acercamiento a los compromisos internacionales y mejorar la calidad del aire.

El análisis anterior se limitó solamente a vehículos eléctricos particulares y no se incluyen vehículos de trabajo, autobuses eléctricos ni de transporte de carga pesada. Se entiende que la movilidad eléctrica va más allá de esta alternativa e integra todo sistema que incluye al transporte de carga liviano y pesado, autobuses eléctricos de diversas capacidades, y otros vehículos de trabajo, incluso el tren. Sin embargo, el registro de información acerca de estos otros vehículos, su avance, uso en el país y otra información relevante es limitada; por ejemplo, el proyecto de buses eléctricos se ha limitado a proyectos piloto en distintas rutas sin un

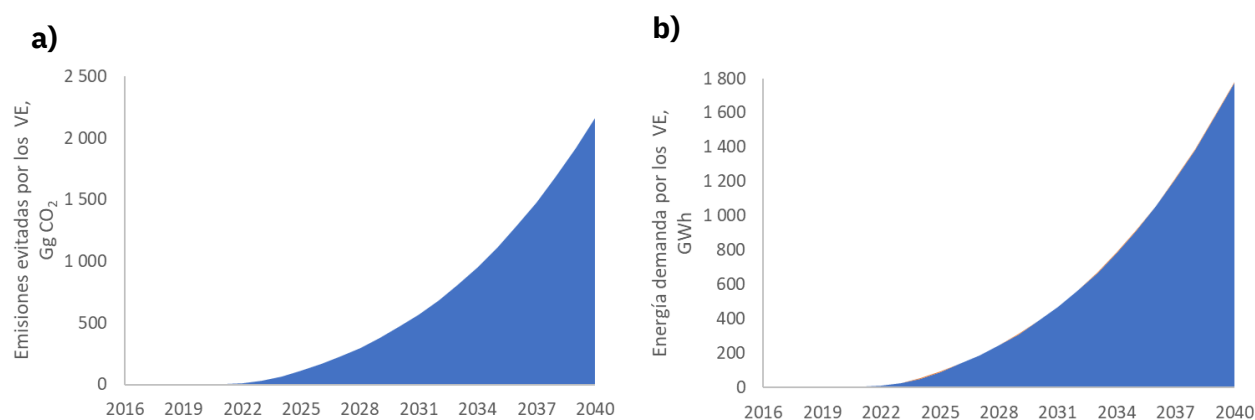
---

<sup>4</sup> Recargas de vehículos eléctricos evitan emisión de más de mil toneladas de CO<sub>2</sub> durante 2024 - Conexión CNFL.

despliegue a nivel nacional. Además, en el caso de los vehículos eléctricos de trabajo, no se tiene una especificación del número con detalle del tipo de vehículo y pesos de estos, lo cual imposibilita generar algún tipo de indicador sobre su despliegue. Por ejemplo, esta categoría incluye desde pickups de todo uso a camiones repartidores finalizando en camiones de carga pesada, tal se describe en Mideplan (2025).

Gráfico 14

Emisiones evitadas por el uso de vehículos eléctricos y Electricidad necesaria para satisfacer la demanda generada por vehículos particulares y motocicletas eléctricas en Costa Rica



Fuente: Elaboración propia.

Ahora bien, al realizar un ejercicio similar al anterior, se calcula la energía que necesaria para movilizar estos vehículos particulares eléctricos durante el 2024, con los mismos recorridos promedios anuales utilizados anteriormente, y se obtiene que fueron necesarios 55 GWh de electricidad para este servicio, lo que significa un 0,4 % de la generación eléctrica total nacional. Pero, para el 2040, de acuerdo con las proyecciones del parque de vehículos eléctricos particulares y al Plan de Expansión de la Generación 2024-2040 (ICE, 2024), la demanda de este nuevo consumo se elevaría hasta un 10 % de la generación proyectada para esa fecha. El Plan de Expansión de la Generación del ICE hace referencia sobre esta situación e indica que considera el crecimiento histórico de la generación distribuida y la electromovilidad al modelar las proyecciones, por lo que no se espera que existan problemas de faltantes para cubrir estas demandas nuevas.

Sin embargo, el crecimiento en el parque de vehículos eléctricos particulares no está exento de planificar y controlar el acceso a carga, sobre todo en áreas de alta densidad de la población, porque cada circuito de la red de distribución solo puede manejar una masa crítica de vehículos

eléctricos al mismo tiempo. Por lo tanto, es necesario que los operadores de las redes de distribución eléctrica del país empiecen a planificar cómo se van a realizar estas cargas mediante medidas de regulación, la introducción de redes inteligentes, entre otras, para asegurar a todos los usuarios de la red eléctrica el acceso continuo del servicio e incluso aprovechar estos vehículos como un recurso energético cuando se encuentren conectados a la red. Todo lo anterior requiere de estrategias establecidas, ya que la carga no coordinada de vehículos eléctricos genera picos de demanda imprevistos e indeseados en la red; además, la presencia de componentes no lineales en la infraestructura de carga y la carga rápida introducen armónicos en la tensión de la red, lo cual provoca inestabilidad de la tensión, pérdidas de potencia, sobrecarga de los transformadores y degradación de los índices de fiabilidad (Vishnu et al., 2023).

Lo anterior involucra una coordinación entre los ministerios rectores del transporte eléctrico (Minae y MOPT), las empresas distribuidoras de electricidad y la autoridad regulatoria nacional para evitar los problemas técnicos asociados con el crecimiento de la recarga de vehículos eléctricos y así aprovechar su conexión con cargadores bidireccionales para alimentar una casa, otro vehículo eléctrico o incluso alimentar la red eléctrica. En el Plan Nacional de Transporte Eléctrico (PNTE), se le asignaba a la Secretaría de Planificación del Subsector Energía (Sepse) y a la Secretaría de Planificación Sectorial (SPS) ser los enlaces para la coordinación e implementación del plan así como organizar la planificación y seguimiento para la ejecución del PNTE; no obstante, desde la desaparición de Sepse en el 2023, se desconoce si alguna oficina tomó estas responsabilidades y les dio continuidad. La Dirección de Energía del Minae actualiza periódicamente el registro de vehículos eléctricos y su clasificación por una serie de descriptores derivados de aduanas, pero no se encuentran registros de esta coordinación intrainstitucional.

En Mideplan (2025), se hace un recuento de lo implementado hasta el momento sobre la movilidad eléctrica en el país, enfocado en el crecimiento del parque de vehículos eléctricos, con énfasis en las condiciones limitantes actuales y casos de éxito implementados en el país, pero no se hace mención acerca de esta coordinación necesaria para la no afectación de la red eléctrica. Según la Aresep, una muestra de esta falta de coordinación se menciona en el

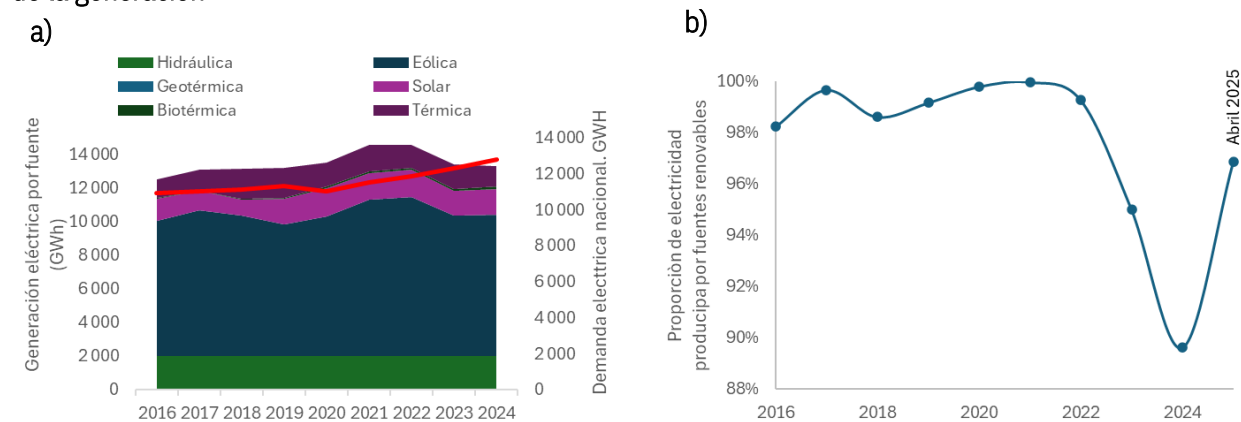
documento donde se indica que entre enero de 2023 y abril de 2024 se reporta un total de 4.959 averías, cuya causa principal son problemas de *software* y la razón subyacente es que muchos de los cargadores estaban configurados con parámetros europeos, lo que genera incompatibilidad con los vehículos de marca asiáticos, predominantes en el mercado local.

### Electricidad como fuente renovable

La matriz eléctrica nacional se mantiene como una de las fortalezas del sector energía a nivel nacional, no solo en términos de cobertura y sostenibilidad, sino por su independencia de fuentes externas y fósiles. De todas las fuentes de generación nacional que existe, incluida la generación centralizada y distribuida, en los dos últimos años se ha alcanzado un 95 % y 89,6 % de generación a partir de fuentes renovables nacionales; además, de acuerdo con DOCSE (2025), para abril del 2025 la generación centralizada alcanzó un 96.9 % de fuentes nacionales renovables, lo cual es significativo porque este primer cuatrimestre incluye la época seca, periodo en que aumenta el uso de combustibles por la disminución del recurso hídrico. Actualmente, las fuentes para generación eléctrica nacional son: hídrica, eólica, geotérmica, solar y bioenergía.

Gráfico 15

Generación eléctrica nacional por tipo de fuente usada e independencia de fuentes fósiles (renovabilidad) de la generación



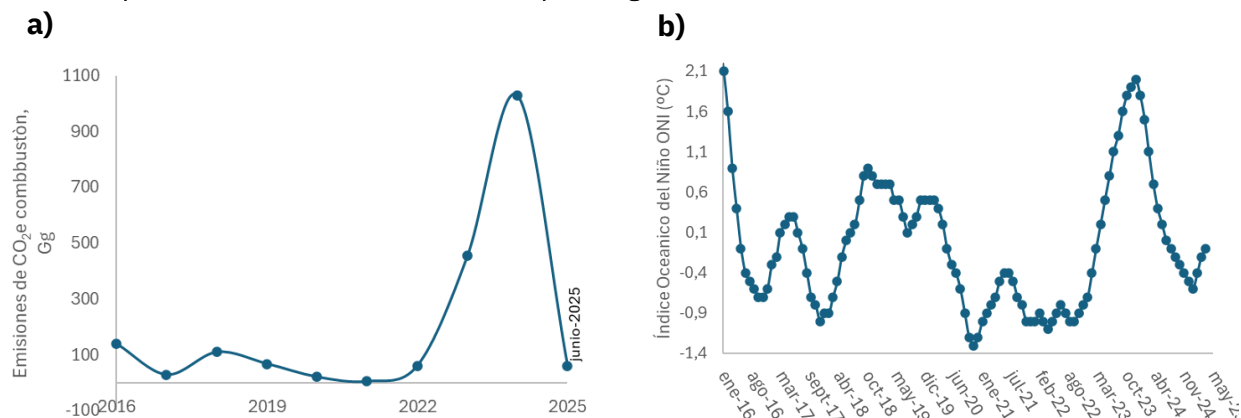
Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 15, se aprecia la evolución de la generación eléctrica por fuente junto con la demanda nacional de electricidad, además de la evolución de la independencia de fuentes fósiles para la generación eléctrica. Esto implica que las emisiones de la generación eléctrica

se mantienen bajas, por lo que se presenta como una fuente ideal, debido a su grado de sostenibilidad e impacto al medio ambiente para ser utilizada en todos los servicios posibles que requiere la población. Por tanto, no se explica cómo se promueve una migración del uso de electricidad a GLP del servicio de calor en los sectores residenciales y comercial, o cómo no se avanza con mayor celeridad en la electrificación del transporte colectivo de pasajeros sea por medio del tren eléctrico o la incorporación de una flota de autobuses eléctricos, además de la incertidumbre sobre la electrificación del tren de carga del Atlántico.

Al revisar el gráfico 16 a), se aprecia la evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes por la combustión de fuentes fósiles para la generación eléctrica, si bien estas se mantuvieron bajas el año pasado se presentó un pico de emisiones debido a las condiciones climáticas extremas presentes durante el primer semestre del año. Este periodo es en el que se presentó el fenómeno del Niño en toda la región, bajo una condición severa, lo cual provocó una reducción significativa en los recursos renovables requirió el uso de combustibles fósiles para satisfacer la demanda eléctrica. Esta situación no es nueva y se ha repetido múltiples veces, pero durante el 2024 el fenómeno no solo afectó el recurso hídrico, sino que también afectó el recurso eólico, lo cual redujo las fuentes renovables disponibles para la generación. Para el primer semestre del 2024, se produjo un 19 % de electricidad por generación hidroeléctrica y un 11 % por generación eólica si se compara con la generación producida durante el primer semestre del 2022. Incluso, desde el 2023, se han presentado patrones de deficiencia en el recurso hídrico, ya que para el primer semestre del mismo año se había producido un 12 % menos electricidad a partir de hidro-generación que durante el primer semestre del 2022. Esto explica parte de por qué se incrementó el uso de fuentes térmicas en los dos últimos años.

**Gráfico 16**  
Emisiones por la combustión de combustibles para la generación eléctrica



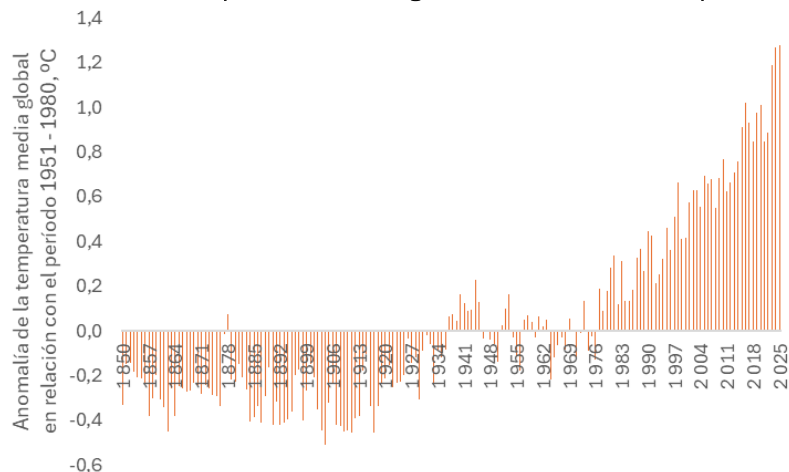
Fuente: Elaboración propia con datos de ICE y NOAA.

En el gráfico 16 b), también se puede apreciar la evolución del Índice Oceánico de El Niño (ONI), este es el indicador principal de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) para monitorear la parte oceánica del patrón climático estacional llamado El Niño-Oscilación del Sur.<sup>5</sup> Este se utiliza como aproximación (proxi) de cómo son afectados los patrones climáticos nacionales, por ejemplo, las lluvias; además, sigue, aunque de forma desfasada, las emisiones de gases por combustión para la generación eléctrica, entre otros. Lo preocupante de este indicador es que se registran valores cada vez mayores en años recientes, con picos máximos entre el 2015 y 2016 y durante el 2023 y 2024.

<sup>5</sup> Climate Prediction Center - ONI.

### Gráfico 17

#### Anomalía de la temperatura media global en relación con el período 1951-1980



Fuente: Elaboración con datos de Annual temperature anomalies relative to the pre-industrial period, World.

Por lo tanto, esto expone allá vulnerabilidad del sistema eléctrico nacional ante eventos climáticos extremos, tanto cuando ocurre fenómeno climático de El Niño como La Niña. Adicionalmente, existe la preocupación sobre el calentamiento global registrada como la anomalía de la temperatura, la cual registra que cada año se promedia una temperatura superior a la anterior. En el gráfico 17, se aprecia cómo los años de 1880 a 1939 tienden a ser más fríos para luego estabilizarse en la década de 1950. Luego, las décadas dentro del período base (1951-1980) no parecen particularmente cálidas o frías (porque son el estándar con el que se miden otros años), pero posterior a este periodo la temperatura incrementa de forma constante.<sup>6</sup> Este incremento de temperatura globales afectará especialmente a las regiones tropicales, por lo que se espera que cada año la población esté expuesta aún más a estrés térmico. De este modo, lo anterior resulta en una mayor necesidad de refrigeración de espacios, normalmente mediante un ventilador eléctrico o un sistema de aire acondicionado (AC), lo cual contribuye cada vez más a la demanda energética nacional (Dean et al., 2018).

<sup>6</sup> World of Change: Global Temperatures.

### **Características del Sistema Eléctrico Nacional**

Una de las características del Sistema Eléctrico Nacional es que desde sus inicios mantiene una estructura vertical de integración del sistema y aprovecha los recursos energéticos disponibles en el país (hidroeléctrica, geotérmica, eólica, biomasa y solar); de esta manera, mediante el uso de esta complementariedad de fuentes, asegura la atención de la demanda eléctrica Nacional. En este proceso se requiere un balance entre fuentes energéticas firmes versus variables<sup>7</sup> donde el resultado neto final es un sistema donde más del 90 % de la energía generada es renovable.

Esta estructura vertical del sistema y la integración de fuentes para abastecer la demanda y una alta renovabilidad es posible mediante la planificación directiva que se realiza actualmente mediante planes de expansión que definen cuáles plantas de generación, líneas de alta tensión y subestaciones serán construidas e interconectadas al SEN. Adicional a esta planificación de las plantas de generación renovable se encuentra el dimensionamiento del respaldo térmico requerido. Este respaldo se implementa mediante plantas térmicas, que operan con combustibles fósiles para evitar la escasez de recurso renovable en periodos de sequía y consideran la fuerte dependencia del SEN de la energía hidroeléctrica. De esta manera, se cierra la complementariedad de las fuentes energéticas con el fin de dar seguridad en la cobertura eléctrica nacional en lo que respecta a este servicio.

Una de las situaciones que se evalúan dentro de la planificación de la generación, es el balance entre los costos de generación por energía firme y energías variables. La generación por energía firme tiene un costo nivelado (costos de inversión y de operación de una planta, divididos entre toda la energía eléctrica producida a lo largo de su vida útil) de electricidad mayor a las plantas de energía variable. Sin embargo, estas aportan todos los servicios auxiliares y confiabilidad al sistema que las plantas variables no poseen. Esto implica que tienen una desventaja a la hora de realizar una comparación simple de los costos con respecto

---

<sup>7</sup> Las fuentes firmes se caracterizan por ser despachables en cualquier momento que sean requeridas, como el caso de las plantas que operan a partir de combustibles fósiles, biomasa, geotermia e hidroeléctricas de gran embalse. Mientras que las fuentes variables lo que significa es que su producción varía y fluctúa, solo son explotables mientras el recurso esté presente; por ejemplo, la energía eólica, solar e hidroeléctricas “a filo de agua”.

al de las energías renovables variables, sobre todo porque se proyecta la incorporación de un volumen importante de fuentes eólicas y solares en todo el horizonte de planificación según ICE (2024).

Por lo tanto, una planificación directiva —tal como se realiza actualmente— busca evitar fenómenos como el debilitamiento de las plantas que brindan servicios auxiliares debido a sus costos de operación, fenómeno conocido como la “canibalización” de las fuentes variables solar y eólicas<sup>8,9</sup>, además de facilitar la programación con anticipación entre las fuentes de energía firme y las variables para dar sostenibilidad al sistema y brindar una buena respuesta de reacción ante escenarios de demanda alta y posibles condiciones extremas. Lo anterior es importante porque no solo se asegura el suministro eléctrico nacional, si no que se busca optimizar el equilibrio económico entre la oferta y la demanda de la electricidad.

En el 2022, la Agencia Internacional de Energía Renovable (Irena) utilizó a Costa Rica y Uruguay como dos ejemplos ilustrativos, dos países con empresas de servicios públicos estatales competentes y de propiedad vertical, guiadas por objetivos políticos claros, combinados con un rol más gradual y específico para el sector privado y que han logrado alcanzar objetivos de renovabilidad de la red eléctrica. De acuerdo con Irena, el enfoque actual en estos dos países ha permitido a los sistemas eléctricos estatales regulados mejorar la operación de las empresas de servicios públicos y ha mantenido, al mismo tiempo, la capacidad de gestionar el sistema eléctrico en su conjunto y abordar adecuadamente las interacciones socioeconómicas más amplias del sistema. Este enfoque integrado ofrece ventajas al abordar requisitos de transformación profunda en plazos limitados, como la transición energética (García-Casals et al., 2022).

---

<sup>8</sup> The risk of renewables price cannibalisation may be exaggerated

<sup>9</sup> Europe Facing a “Renewables Cannibalization Effect” That Could Erode Utilities - IER

## **Desafíos del sistema energético**

El actual el sistema energético nacional se mantiene firme ante la demanda creciente de energía por parte de la población y las constantes amenazas tanto climáticas como de otra índole que enfrentamos con más frecuencia y cada vez más severas. El Sistema Eléctrico Nacional es el que está más expuesto a estas amenazas de eventos climáticos extremos, ya que la generación renovable es altamente vulnerable a la severidad de estos eventos y de acuerdo con él no se aprecia un fortalecimiento del respaldo, por ejemplo, el térmico ante la exponencial introducción de solar para la generación. Aunque hay una propuesta de incluir almacenamiento de baterías en el período de planificación, estas cumplen una función diferente al complemento térmico, más dirigidas a la continuidad del suministro eléctrico y a la estabilización de la red (ICE, 2024).

El Sistema Nacional de Combustibles también está expuesto a estas amenazas climáticas, aunque en los últimos años se han presentado otras situaciones cada vez más crecientes, como el robo de combustibles en el poliducto que recorre el país de este a oeste o el hackeo informático en el 2024 que afectó parcialmente el trasiego y venta en terminales. Este último es una amenaza creciente en todos los sistemas, tanto del Estado como del sector privado, ya que en los últimos años se han visto múltiples instituciones afectadas por este hecho, entre ellos: el Ministerio de Hacienda, el Instituto Meteorológico Nacional (IMN), Radiográfica Costarricense S. A. (Racsa), la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS), el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, Migración, el Fondo de Desarrollo Social y Asignaciones Familiares (Fodesaf), la Junta Administrativa del Servicio Eléctrico Municipal de Cartago (Jasec), Fanal y la Municipalidad de Alajuelita y la de Garabito.<sup>10, 11</sup> En cuanto a las empresas privadas, Repretel y otras que no han reportado esta situación.

---

<sup>10</sup> A un mes del hackeo en Costa Rica esto es todo lo que debe saber - Periódico La República

<sup>11</sup> Micitt confirma vínculos en ciberataques a Recope y Repretel

Por lo tanto, para hacer frente a estos retos climáticos y de robo tanto físicos como digitales, es necesario fortalecer la planificación de las instituciones de forma centralizada y con proyección a largo plazo para los sistemas energéticos, y de esta manera, dar una respuesta apropiada ante incidencias de estos fenómenos cada vez más complejos. Desde el 2023, cuando se cerró técnicamente la Secretaría de Planificación del Subsector Energía, se trasladó implícitamente el deber de la planificación de los sistemas energéticos a las dos empresas estatales que controlan la integración vertical del sistema eléctrico y la importación y distribución a granel de derivados de petróleo, respectivamente el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y la Refinadora Costarricense de Petróleo (Recope), las cuales, hasta el momento han logrado mantener los resultados descritos al principio de este estudio. Pero existe un abandono creciente por parte del ente Rector del subsector energía en la tarea de planificación energética. Este abandono se presenta en la ausencia de directrices y planes que guíen la planificación a corto y largo plazo de las instituciones encargadas de brindar energía al país. Por ejemplo, el último Plan Nacional de Energía (VII PNE) fue publicado hace 10 años y la actualización más reciente de sus metas fue publicada en el 2019; además, todos los análisis de desafíos (Mideplan, 2024), panoramas nacionales (Mideplan, 2025) y demás documentos publicados (Gobierno de Costa Rica, 2022) por Mideplan acerca del subsector energía lo que hacen es referencia a planes sin ninguna innovación reciente o revisión sobre la actualidad nacional e internacional elaborados en gobiernos anteriores y cuya vigencia debe revisarse. Lo mismo ocurre con la generación de información energética del país, la última actualización del Balance Energético Nacional completo fue la del 2021. Aunque existe una nueva versión para el 2022, esta no utiliza la metodología de las versiones anteriores, lo cual provoca una pérdida de la memoria estadística con respecto a los años anteriores, sin desglosar los consumos de los sectores industrial y transporte, y con inconsistencias en múltiples entradas; por ejemplo, no presenta entradas para el consumo de electricidad en transporte terrestre aun con el crecimiento exponencial de los vehículos eléctricos, tampoco presenta la generación solar privada aun cuando la capacidad instalada privada es alrededor de 15 veces la capacidad instalada por la pública, e indica una producción eléctrica de 0 TJ, pero registra una generación de 44 644 TJ entre públicos y privados, entre otras inconsistencias que imposibilitan usar este documento.

Lo anterior se presenta como un desafío sobre la continuación de la institucionalidad que gobierna al subsector energía y la continuidad del actual modelo para el sistema energético nacional, lo cual dificulta la planificación para mantener la seguridad energética que el país requiere y alcanzar la meta de reducción de la pobreza y la mejora constante del nivel de vida.

## Referencias bibliográficas

- Bazán Salazar, V. (noviembre 2024). *Uso y gestión de la energía en Costa Rica patrones y desafíos para la sostenibilidad ambiental*. CONARE.  
<https://repositorio.conare.ac.cr/rest/bitstreams/57a6a618-bd88-4dd1-bd80-bb04acff37b6/retrieve>
- Chacón Vásquez, M., Quirós Tortós, J., Valverde Mora, G., Garro Espinoza, D., y Gómez Meléndez, A. (mayo 2019). *Estudio para la Caracterización del Consumo Energético en el Sector Industrial*. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/bd3e7333-f747-434a-8c9a-af119d30b338/content>
- Dean, B., Dulac, J., Morgan, T., y Remme, U. (mayo 2018). *The Future of Cooling Opportunities for energy-efficient air conditioning Together Secure Sustainable*.  
<https://www.iea.org/reports/the-future-of-cooling>
- DOCSE. (mayo 2025). *Producción y demanda, Informe Mensual Abril 2025*.  
<https://apps.grupoice.com/CenceWeb/documentos/3/3007/227/Informe%20Mensual%20Abril%202025.pdf>
- Energy Agency, I. (abril 2024). *Global EV Outlook 2024 Moving towards increased affordability*.  
<https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024>.
- García-Casals, X., Pizzinato, S., y Bianco, E. (junio 2022). *RE-organising power systems for the transition*. RE-organising Power Systems for the Transition
- Gobierno de Costa Rica. (2019). *Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050*.  
<https://repositorio-snp.mideplan.go.cr/handle/123456789/738>
- Gobierno de Costa Rica. (2021). *Contribución Nacionalmente Determinada 2020*.  
<https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Contribucio%CC%81n%20Nacionalmente%20Determinada%20de%20Costa%20Rica%202020%20-%20Versio%CC%81n%20Completa.pdf>

- Gobierno de Costa Rica. (2022). *Plan Nacional de Desarrollo e Inversión Pública 2023-2026* “Rogelio Fernández Güell”. [https://sites.google.com/expedientesmideplan.go.cr/pndip-2023-2026/pagina\\_principal](https://sites.google.com/expedientesmideplan.go.cr/pndip-2023-2026/pagina_principal)
- Gómez, S., Zúñiga, E., y Aguilar, C. (noviembre2024). *Luego de la calma regresa la congestión: patrones de los flujos viales en Costa Rica 2019-2024*. <https://repositorio.conare.ac.cr/items/9c6982a3-4b91-44ff-8dd1-758ec067f5a3>
- Huang, S., Li, H., Wang, M., Qian, Y., Steenland, K., Caudle, W. M., Liu, Y., Sarnat, J., Papatheodorou, S., y Shi, L. (2021). Long-term exposure to nitrogen dioxide and mortality: A systematic review and meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 776, 145968. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145968>
- ICE. (2024). *Plan de expansión de la Generación Eléctrica 2024-2040*. <https://www.grupoice.com/wps/portal/ICE/electricidad/proyectos-energeticos/plan-de-expansion>
- IMN. (2025). *Factores de Emisión de Gases de Efecto Invernadero 2024*. (14va Ed). <http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/publicaciones/factoresemision/factoresemision2024/FactoresEmision-GEI-2024.pdf>
- INCOFER. (2025). *Informe Anual de Estadísticas Operativas Período 2024*. <https://www.incofer.go.cr/transparencia-institucional/estadisticas-e-indicadores/estadisticas-operativas/>
- Lin, W., Brunekreef, B., y Gehring, U. (2013). Meta-analysis of the effects of indoor nitrogen dioxide and gas cooking on asthma and wheeze in children. *International Journal of Epidemiology*, 42(6), 1724–1737. <https://doi.org/10.1093/ije/dyt150>
- Mellari, S. (2024). Comparative Analysis of Internal Combustion Engines: Efficiency and Emissions. *Journal of Engineering and Technology*, 13(1), 20–21. <https://doi.org/10.4172/2319>

- MIDEPLAN. (2024). *Análisis de los Desafíos, Sector Ambiente y Energía 2023*.  
<https://documentos.mideplan.go.cr/share/s/7On30ceqSVWGy7RWbq3JlA>
- MIDEPLAN. (2025). *Panorama Nacional. Movilidad eléctrica en Costa Rica: oportunidades para una sociedad descarbonizada*.  
<https://documentos.mideplan.go.cr/share/s/GW2p8OrYR7yCV6y0Cj-qTw>
- MINAE. (2015). *VII Plan Nacional de Energía 2015-2030*.  
[https://www.cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2018/08/VII\\_Plan\\_Nacional\\_de\\_Energia\\_2015-2030.pdf](https://www.cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2018/08/VII_Plan_Nacional_de_Energia_2015-2030.pdf)
- MINAE. (2019). *Plan nacional de transporte eléctrico 2018-2030*. <https://repositorio-snp.mideplan.go.cr/bitstream/handle/123456789/746/PP.102.pdf?sequence=1>
- Münzel, T., Hahad, O., Sørensen, M., Lelieveld, J., Duerr, G. D., Nieuwenhuijsen, M., y Daiber, A. (2022). Environmental risk factors and cardiovascular diseases: a comprehensive expert review. *Cardiovascular Research*, 118(14), 2880–2902.  
<https://doi.org/10.1093/cvr/cvab316>
- Riteve SyC. (2020). *Revisión Técnica Vehicular, Anuario 2019*.  
<https://empresariosdelcombustible.com/wp-content/uploads/2021/07/Anuario2019.pdf>
- Rojas Marín, J. F., Martines Cruz, M., Gamboa Jiménez, A., Villalobos, A., y Carvajal Arroyo, D. A. (2025). *X informe de calidad del aire Gran Área Metropolitana de Costa Rica 2023 – 2024*. Preliminar
- United Nations. (2018). *International recommendations for energy statistics (IRES)* (Serie M, No. 93). <https://unstats.un.org/unsd/energystats/methodology/documents/IRES-web.pdf>
- Vishnu, G., Kaliyaperumal, D., Jayaprakash, R., Karthick, A., Kumar Chinnaiyan, V., y Ghosh, A. (2023). Review of Challenges and Opportunities in the Integration of Electric Vehicles to the Grid. *World Electric Vehicle Journal*, 14(9), 259.  
<https://doi.org/10.3390/wevj14090259>

WHO. (2021). *WHO global air quality guidelines. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide.*

<https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

### **Consultas con informantes claves del subsector energía**

Taller de consulta “Uso y gestión de la energía en Costa Rica: patrones y desafíos para la sostenibilidad ambiental”. Taller de consulta para evaluar los principales comentarios y sugerencias planteados sobre los avances de la investigación durante la sesión del 23 de junio de 2025. Los asistentes representan varios sectores activos relacionados con la cadena de generación al consumo del subsector energía.