

Metodología de Cuantificación de **Ahorros de Consumos Energéticos y Emisiones**

Para vehículos de transporte
de carga terrestre en Chile





© Agencia de Sostenibilidad Energética

Esta guía ha sido desarrollada por la Agencia de Sostenibilidad Energética con el objetivo de contribuir a la eficiencia energética mediante la estandarización de una metodología de cuantificación de consumos y ahorros energéticos, así como de las emisiones y reducciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) asociadas a las operaciones de los vehículos de transporte de carga terrestre.

Autores y editores:

Diego Jara Moreno,
Agencia de Sostenibilidad Energética

Francisca Barriga Concha,
Agencia de Sostenibilidad Energética

Camila Adasme Adasme,
Agencia de Sostenibilidad Energética

Revisores:

Javier Contador,
Agencia de Sostenibilidad Energética.

Noemie Noel,
Agencia de Sostenibilidad Energética.

Unidad de Transporte Eficiente,
Ministerio de Energía.

Diseño:

Sebastián López.

Derechos reservados.

Prohibida su reproducción.

Fecha de publicación, **mayo 2025.**

Contenido

- 1 **Glosario**
- 2 **Sobre esta guía**
- 3 **Introducción**
- 4 **Metodología de cuantificación**
- 5 **Pilotaje de la metodología**
- 6 **Resultados obtenidos**
- 7 **Análisis de resultados**
- 8 **Conclusiones y recomendaciones**
- 9 **Agradecimientos**
- 10 **Bibliografía**
- 11 **Anexo**



1

Glosario

Abreviación / Significado

CO₂e Dióxido de carbono equivalente

EE Eficiencia Energética

GEI Gases de Efecto Invernadero

GLEC Global Logistics Emissions Council

GLP Gas Licuado de Petróleo

GNC Gas Natural Comprimido

GNL Gas Natural Licuado

IEA Agencia Internacional de Energía

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change

kWhe Kilo Watt hora equivalente

MEN Ministerio de Energía de Chile

MMA Ministerio de Medioambiente de Chile

MMEE Medida de Mejora de Eficiencia Energética

PCI Poder Calorífico Inferior

PCS Poder Calorífico Superior

tkm Tonelada-kilómetro



2

Sobre esta guía

En esta guía encontrarás una metodología de cálculo que te permitirá obtener indicadores energéticos y ambientales basados en datos operacionales de vehículos de transporte de carga terrestre¹. El enfoque propuesto facilita la evaluación energética y comparación de vehículos que utilizan distintos tipos de combustibles en base a unidades equivalentes, apoyando la toma de decisiones estratégicas para optimizar el consumo energético, con el objetivo de reducir costos operativos y minimizar el impacto ambiental.

Transparencia y confiabilidad: Se presenta una estructura clara y detallada de los métodos y parámetros utilizados, garantizando cálculos replicables. Esto facilita las verificaciones externas y refuerza la credibilidad y transparencia de los reportes de emisiones ante inversionistas, clientes u otros stakeholders.

Escalabilidad y adaptabilidad: El cálculo ex-post de indicadores, a partir de variables operacionales de los vehículos de carga, permite aplicar la metodología en distintos contextos donde ya se gestionan estos datos. Con ello, busca impulsar a las empresas a implementar o fortalecer sus sistemas de medición y registro, para progresivamente ir mejorando la estimación de sus impactos.

Alineación con estándares internacionales: La metodología utiliza métodos reconocidos globalmente, alineados con estándares como ISO 14064-1 [1], ISO 14083 [2], GLEC 3.0 [3] y GHG protocol [4] y los lineamientos del IPCC [5].

¹ Se consideran vehículos de transporte de carga terrestre a los medios motorizados destinados al traslado de mercancías por carretera, tales como, camiones y tractocamiones.



A white semi-truck is shown driving through a large industrial warehouse. The scene is overlaid with a teal color filter. The truck is moving from left to right, leaving motion blur on the floor. The warehouse has high ceilings with visible lighting fixtures and structural beams.

3

Introducción

El sector transporte se posiciona como uno de los actores principales en los desafíos energéticos y climáticos del mundo. Según la Agencia Internacional de Energía (IEA), este sector **consume aproximadamente el 19% del consumo energético global y genera cerca del 24% de las emisiones de CO₂** relacionadas con la energía [6].

En el contexto chileno, el escenario es aún más desafiante. De acuerdo con el Balance Nacional de Energía (BNE), este sector **consume aproximadamente el 33% de la energía final del país**, siendo el transporte terrestre el mayor responsable con el 28% de este consumo [7]. En términos de emisiones, el sector transporte genera el **25% de las emisiones totales de GEI en Chile**. Dentro de este porcentaje, los camiones de servicio pesado y los autobuses destacan como los principales emisores, contribuyendo con aproximadamente **el 9% de las emisiones nacionales [8]**.

Estas cifras destacan la importancia estratégica del transporte terrestre como un foco prioritario en los esfuerzos nacionales para reducir emisiones y alcanzar la neutralidad de carbono en 2050. En respuesta a este desafío, **el programa Giro Limpio promueve prácticas sostenibles** enfocadas en reducir emisiones mediante el seguimiento continuo de las operaciones de las empresas participantes. Por medio de su plataforma digital, se busca apoyar al ecosistema en la generación y análisis de indicadores energéticos y ambientales, facilitando la **identificación e implementación de medidas de eficiencia energética** que fomenten la sostenibilidad del sector.

Actualmente, Giro Limpio cuenta con un **registro aproximado del 6% de los vehículos de transporte** de carga terrestre del país, destacando su contribución como su potencial para ampliar su impacto en el camino hacia un transporte de carga más sostenible [9].

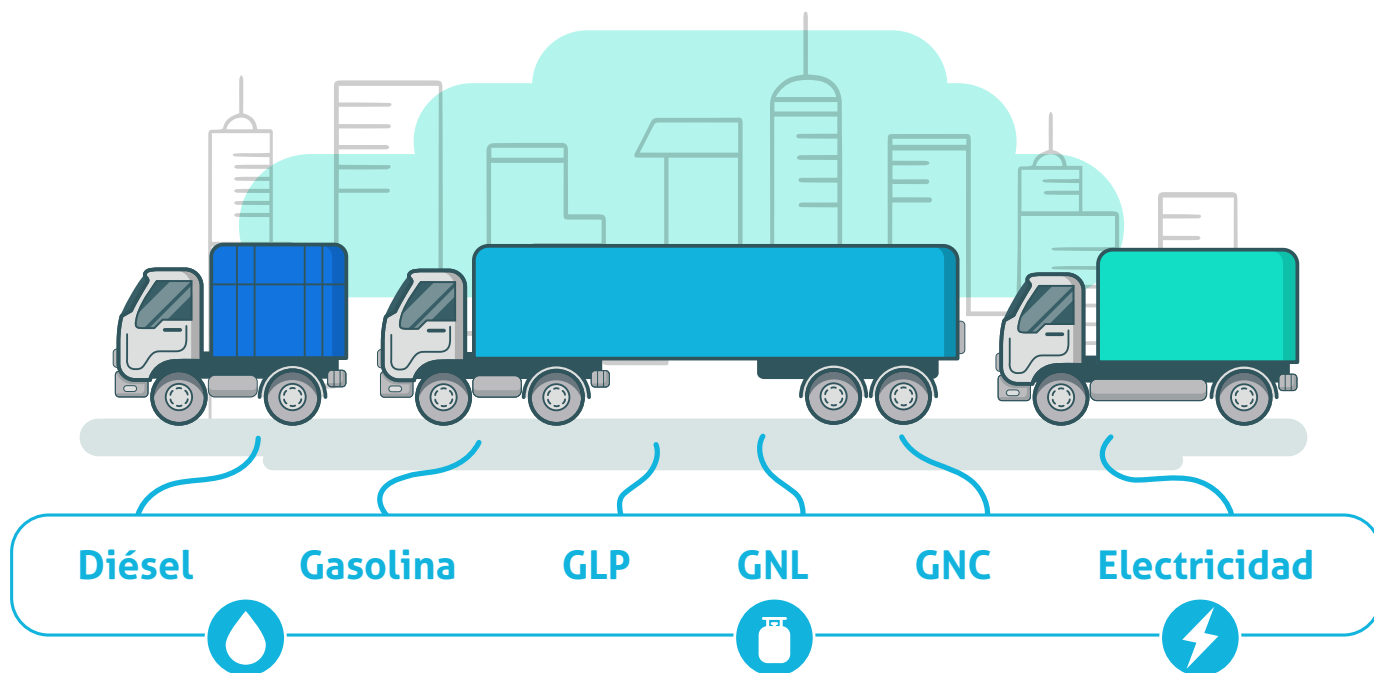


4

Metodología de cuantificación

Esta metodología se enfoca en la estimación ex post de indicadores de consumo energético y emisiones de GEI, permitiendo el análisis del desempeño tras la realización de las operaciones de transporte. Su aplicación retrospectiva permite evaluar resultados, identificar áreas de mejora, optimizar el desempeño energético y reducir emisiones.

En este contexto, resulta fundamental considerar las principales fuentes de energía utilizadas en el transporte de carga terrestre en Chile, que incluyen **diésel, gasolina, GLP, GNL, GNC y electricidad.**





El proceso de cálculo se basa en los principios de la Guía Metodológica de **Auditoría Energética para Transporte [10]**, estructurándose en cuatro etapas simplificadas que permiten cuantificar y analizar el consumo energético y las emisiones de GEI.

A



Definición de alcances:

Se establece la cantidad de vehículos a analizar y el período de línea base, sobre el cual se realizarán las comparaciones de desempeño. Esta etapa permite estructurar el proceso, proporcionando un marco de referencia para estudiar la evolución del consumo energético y las emisiones.

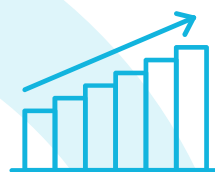
B



Registro de datos:

Se deben medir y registrar el consumo de combustible, los kilómetros recorridos y las toneladas transportadas para todos los vehículos definidos dentro del alcance. Para una descripción más detallada sobre la metodología de recopilación y gestión de datos, se recomienda consultar la Guía de Registro de Datos [11].

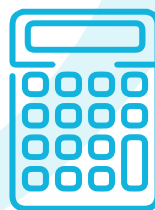
D



Análisis de resultados:

Se interpretan los indicadores obtenidos, evaluando el desempeño energético y ambiental de los vehículos. El análisis permite identificar tendencias, comparar resultados entre tecnologías o periodos, y detectar oportunidades de mejora en la operación.

C



Cálculo de indicadores:

Los datos registrados se procesan aplicando las fórmulas y parámetros definidos en las siguientes subsecciones dentro de este apartado. Como resultado, se obtiene el consumo energético, las emisiones de GEI y sus respectivos ahorros.



Cálculo de consumos energéticos

Para garantizar una comparación homogénea de la eficiencia energética en el transporte de carga terrestre, el consumo de combustible, usualmente registrado en unidades volumétricas (litros), debe convertirse en unidades energéticas. Esta conversión permite conocer el consumo energético de forma equivalente, independientemente de la fuente de energía o energético.

El cálculo se realiza multiplicando el combustible consumido (CC) por su respectiva Densidad Energética Volumétrica (DEV), como se detalla en la Ecuación 1.

$$CE = CC \times DEV$$

Ecuación 1

Donde:

CE Es el consumo energético (kWhe).

CC Es el consumo de combustible (en litros).

DEV Es la Densidad Energética Volumétrica asociada a cada combustible (en kWhe/L).

Los valores de DEV para cada combustible, presentados en la Tabla 1, se obtuvieron mediante la conversión de unidades, utilizando las densidades, el PCS y el factor de conversión de PCS a PCI establecidos en el BNE 2022 [7].

Tabla 1. Densidad energética volumétrica de los combustibles [7].

Combustible	DEV [kWhe/L]
Diésel	10,12
Gasolina	9,03
GLP	6,97
GNL	4,50
GNC ²	7,53
Electricidad	-

² Se adopta una densidad de 0,77 kg/L para el GNC a 15 °C y 200 bar, en línea con el valor técnico de referencia ampliamente utilizado en fuentes internacionales como el IPCC.





Cálculo de emisiones de GEI

Esta metodología adopta un enfoque de estimación de emisiones directas³ derivadas de la combustión de combustibles de los diversos vehículos que operan en el transporte de carga por carretera. Este enfoque retrospectivo se alinea con marcos metodológicos internacionales, como la norma ISO 14.064-1 [1], norma ISO 14.083 [2], el GLEC 3.0 [3] y el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero [4].

Las emisiones se calculan multiplicando el consumo de combustible (CC) por el Factor de Emisión (FE) asociado a cada tipo de combustible, como indica la Ecuación 2.

$$GEI = CC \times FE$$

Ecuación 2

Donde:

- GEI** Son las emisiones de GEI (en kgCO₂e).
- CC** Es el consumo de combustible (en litros).
- FE** Son los factores de emisión por tipo de combustible (kgCO₂e/L).

Los factores de emisión para cada combustible, detallados en la Tabla 2, derivan de las Directrices del IPCC para Inventarios Nacionales de GEI [5].

Tabla 2. Factores de emisión por combustibles [5].

Combustible	Factor de emisión [kg CO ₂ e /L]
Diésel	2,74
Gasolina	2,31
GLP	1,63
GNL	0,96
GNC	1,61
Electricidad ⁴	0,00

³ Las emisiones directas son los GEI emitidos directamente durante la combustión del combustible en el motor.

⁴ Las emisiones directas de VE, se consideran nulas según ISO 14083, GLEC 3.0 y el Protocolo de GEI.





Cálculo de ahorros y reducciones

Para evaluar el desempeño energético y ambiental de las flotas de transporte de carga terrestre, resulta fundamental analizar las variaciones⁵ entre periodos. Este análisis permite determinar cuánta energía se ha ahorrado o incrementado, y, en consecuencia, cuántas emisiones GEI se han reducido o aumentado.

En este contexto, surgen dos indicadores que permitirán evaluar las variaciones en el consumo energético y las emisiones de manera comparativa:

Variaciones absolutas

Este enfoque ofrece una visión global de la evolución del consumo energético y las emisiones de GEI a lo largo del tiempo. El cálculo se realiza restando el valor actual al valor base del indicador (Ecuación 3).

$$VA = I_{base} - I_{actual}$$

Ecuación 3

Donde:

VA Es la variación absoluta del indicador.

I_{base} Es el valor del indicador⁶ en el periodo base.

I_{actual} Es el valor del indicador en el periodo actual.

El resultado refleja, en términos netos, cuánto se redujo o aumentó el indicador entre periodos. La interpretación de los signos es la siguiente:



⁵ El término "variaciones" se utilizará de forma práctica para referirse indistintamente a los ahorros energéticos como a la reducción de emisiones.

⁶ El término "indicador" hace referencia tanto al consumo energético o a las emisiones, según el contexto de aplicación.



Variaciones relativas

Este enfoque permite cuantificar las variaciones por unidad de actividad, facilitando así una evaluación de la eficiencia operativa y energética de los vehículos. Para ello, se calcula la reducción o incremento del indicador comparando la intensidad⁷ del indicador en período base versus el período actual, y proyectando los resultados en función de las actividades⁸ de transporte actual.

$$VR = tkm_{actual} \times \left(\frac{I_{base}}{tkm_{base}} - \frac{I_{actual}}{tkm_{actual}} \right)$$

Ecuación 4

Donde:

VR Es la variación relativa del indicador.

tkm_{base} Son las toneladas-kilómetro del periodo base.

tkm_{actual} Son las toneladas-kilómetro del periodo actual.

El resultado permite proyectar cuánto se habría reducido o incrementado el indicador si las condiciones operativas del período base se hubieran mantenido en el periodo actual. La interpretación de los signos es la siguiente:



⁷ "Intensidad" se refiere a la cantidad de energía consumida o de emisiones generadas por tonelada-kilómetro.

⁸ "Actividad de transporte" se refiere a las toneladas-kilómetro transportadas durante la operación de los vehículos.

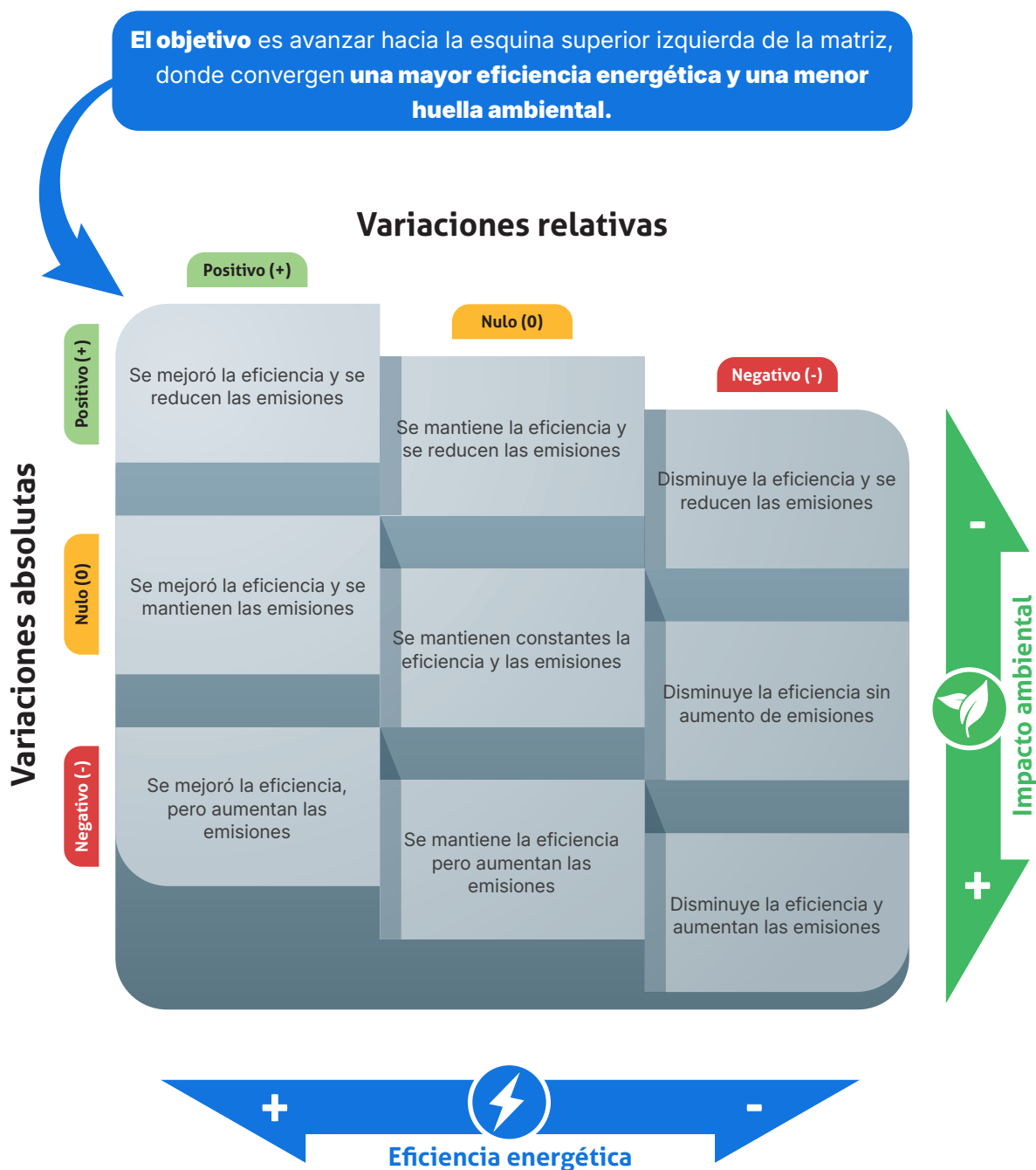




Interpretación de resultados

La siguiente matriz sintetiza el desempeño energético y ambiental de la operación, cruzando variaciones absolutas de emisiones con variaciones relativas de eficiencia energética. Esta herramienta permite

identificar períodos de mejora, períodos de advertencia, y períodos críticos, facilitando la interpretación de los resultados.



⁹ El término "eficiencia" utilizado en esta matriz hace referencia tanto a la eficiencia energética como a la eficiencia operacional, o a una combinación de ambas, según el contexto del análisis.



5

Pilotaje de la metodología

La aplicación piloto presentada a continuación tuvo como objetivo analizar la aplicabilidad de la metodología propuesta en un contexto operativo real, así como facilitar la interpretación de los resultados obtenidos.

Empresa colaboradora del piloto

Este estudio se desarrolló en colaboración con **Transportes Vigal**, empresa chilena con más de 25 años de experiencia en el transporte de combustibles y sustancias peligrosas. Desde 2023, la empresa forma parte del programa Giro Limpio, habiendo obtenido la certificación correspondiente para los años 2024 y 2025.

Transportes Vigal aportó datos operacionales recopilados mediante el registro de sistemas de telemetría. Esta colaboración permitió aplicar la metodología propuesta con un alto nivel de calidad y trazabilidad en la información, reduciendo la incertidumbre asociada a la medición y registro de estas variables.





A continuación, se definen los pasos metodológicos seguidos para cuantificar el consumo energético, las emisiones y sus respectivas variaciones en la flota en estudio.

Definición de alcances:

Se seleccionó una flota de **29 camiones** pertenecientes a Transportes Vigal, los cuales operan en la macrozona norte de Chile en operaciones de transporte de combustibles. Para el análisis, se consideraron los datos operacionales correspondientes a los años 2023 y 2024.

Todos los vehículos corresponden a camiones Scania con motorización diésel, conectados al sistema de telemetría del fabricante, lo que permitió contar con una fuente de datos uniforme, asegurando la confiabilidad en la estimación de los indicadores. La Tabla 3 presenta la caracterización de los vehículos seleccionados.

Tabla 3. Caracterización de vehículos seleccionados.

Tipo de camión	Motorización	Marca	Modelo	Año	Cantidad
Tractocamión	Diésel	Scania	P410XT	2022	5
Tractocamión	Diésel	Scania	G450A	2022	4
Tractocamión	Diésel	Scania	G450A	2021	4
Tractocamión	Diésel	Scania	G440A	2019	4
Tractocamión	Diésel	Scania	G440A	2018	3
Tractocamión	Diésel	Scania	R500	2022	2
Tractocamión	Diésel	Scania	G440A	2019	2
Tractocamión	Diésel	Scania	G440	2019	1
Tractocamión	Diésel	Scania	G440	2018	1
Cisterna	Diésel	Scania	P410 B	2021	1
Cisterna	Diésel	Scania	P410 B	2021	1
Cisterna	Diésel	Scania	P400	2018	1





Registro de datos:

La selección de estos vehículos se basó en su relevancia operativa y en la disponibilidad de sistemas de telemetría integrados, lo que permitió asegurar la calidad y trazabilidad de los datos recopilados. Entre las variables registradas se encuentran el consumo de combustible, los kilómetros recorridos y las toneladas transportadas, insumos fundamentales para el cálculo de los indicadores energéticos y ambientales previamente descritos.



Cálculo de indicadores:

Una vez recopilados los datos, estos fueron procesados y transformados en indicadores mediante la aplicación de la metodología propuesta. Los resultados obtenidos se presentan en el Capítulo 3.



Análisis de resultados:

El análisis se realizó inicialmente a partir de los indicadores obtenidos y posteriormente se efectuó una reunión de validación junto a los encargados de operación de Transportes Vigal. Esta instancia permitió contextualizar los resultados, comprender las causas de las desviaciones e identificar tanto ineficiencias como mejoras, vinculadas a cambios operacionales, la implementación de medidas de mejora de eficiencia energética, entre otros factores. El análisis detallado se presenta en el Capítulo 4.



6

Resultados obtenidos

Esta sección expone los resultados de consumo energético y emisiones, así como sus variaciones para los años 2023 y 2024. Los datos se presentan en dos niveles de análisis para cada indicador: a nivel general de la flota, y a nivel específico de un vehículo seleccionado.

Resultados generales de la flota

A continuación, se muestra el comportamiento energético y de emisiones consolidado de los 29 vehículos. El detalle se encuentra en las Tablas 8 y 9 del anexo.

Consumo energético

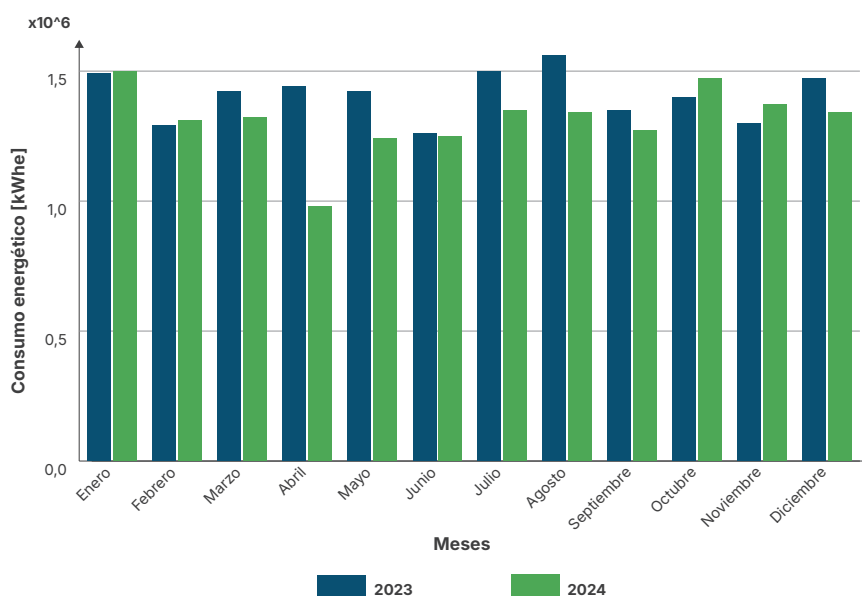


Gráfico 1: Consumo energético y emisiones de la flota (2023 - 2024).

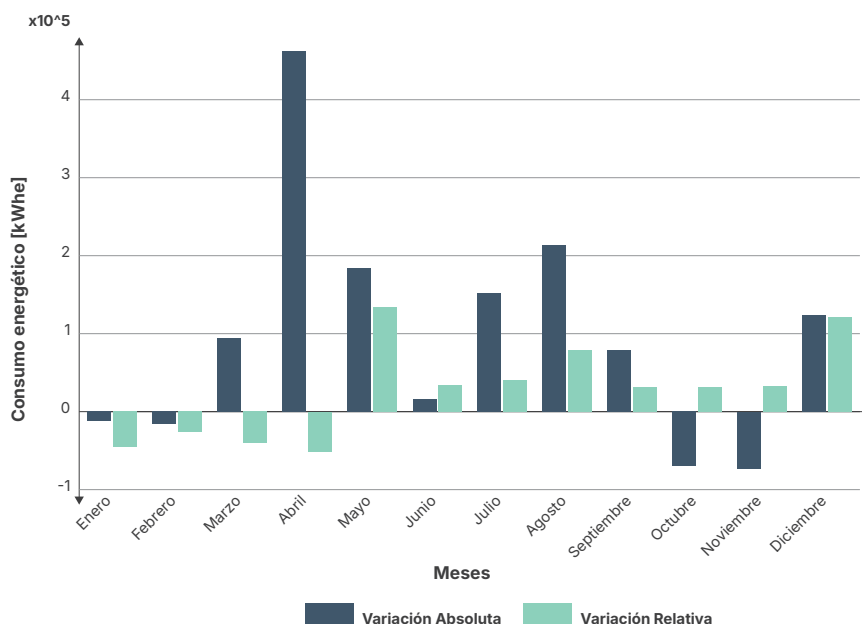


Gráfico 2. Variaciones absolutas y relativas de consumo energético de la flota (2023 - 2024).

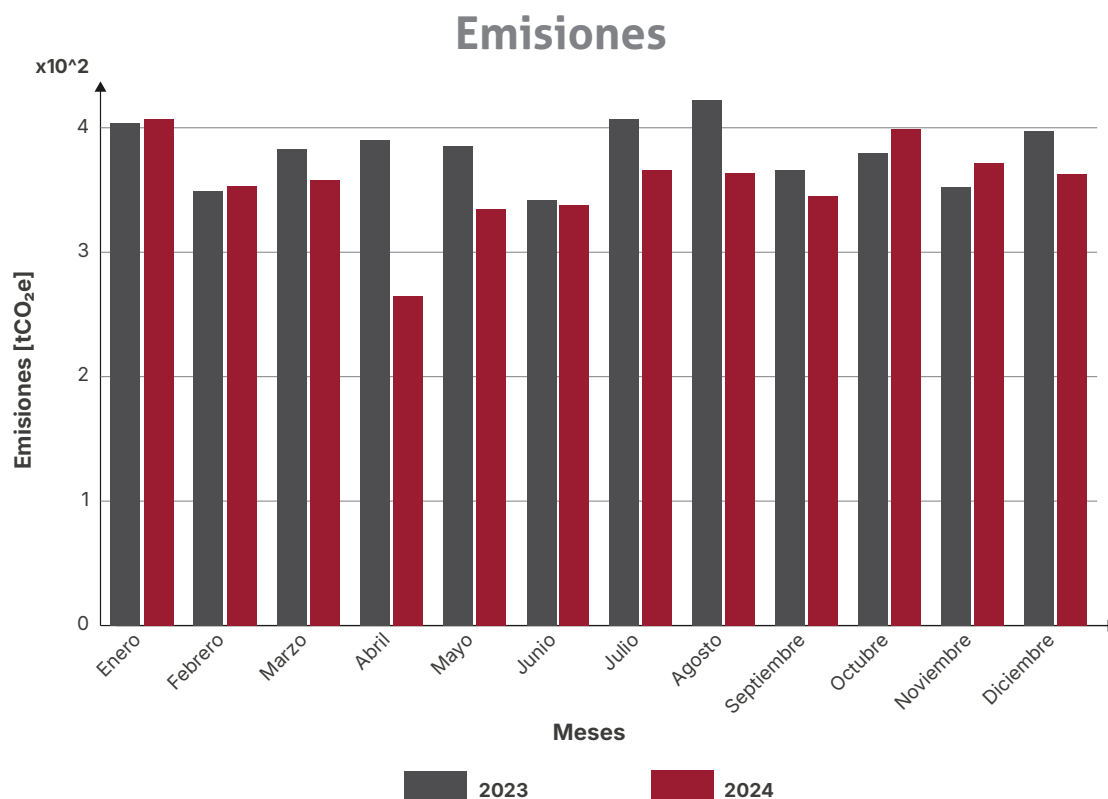


Gráfico 3: Emisiones de la flota (2023 - 2024).

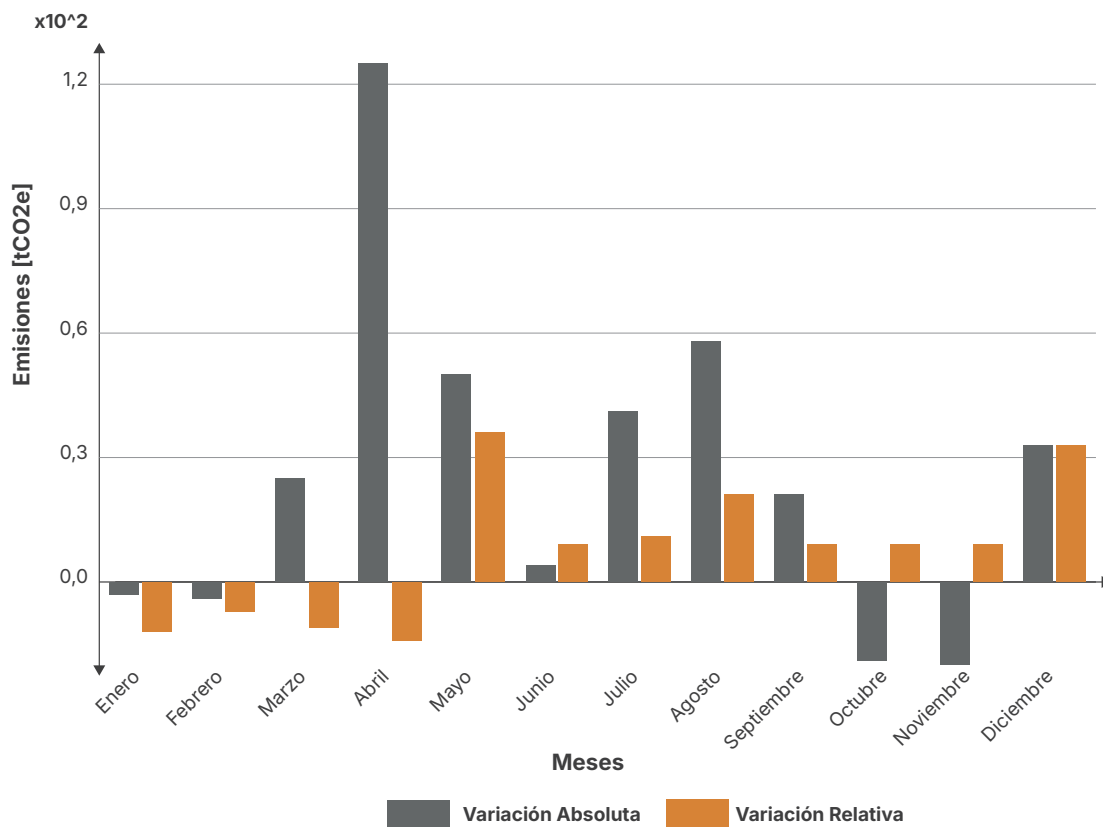


Gráfico 4. Variaciones absolutas y relativas de emisiones de la flota (2023 - 2024).

A continuación, se presenta el comportamiento energético y de emisiones de uno de los vehículos: un Tractocamión Scania P410XT, año 2022. El detalle se encuentra en las Tablas 10 y 11 del anexo.

Consumo energético

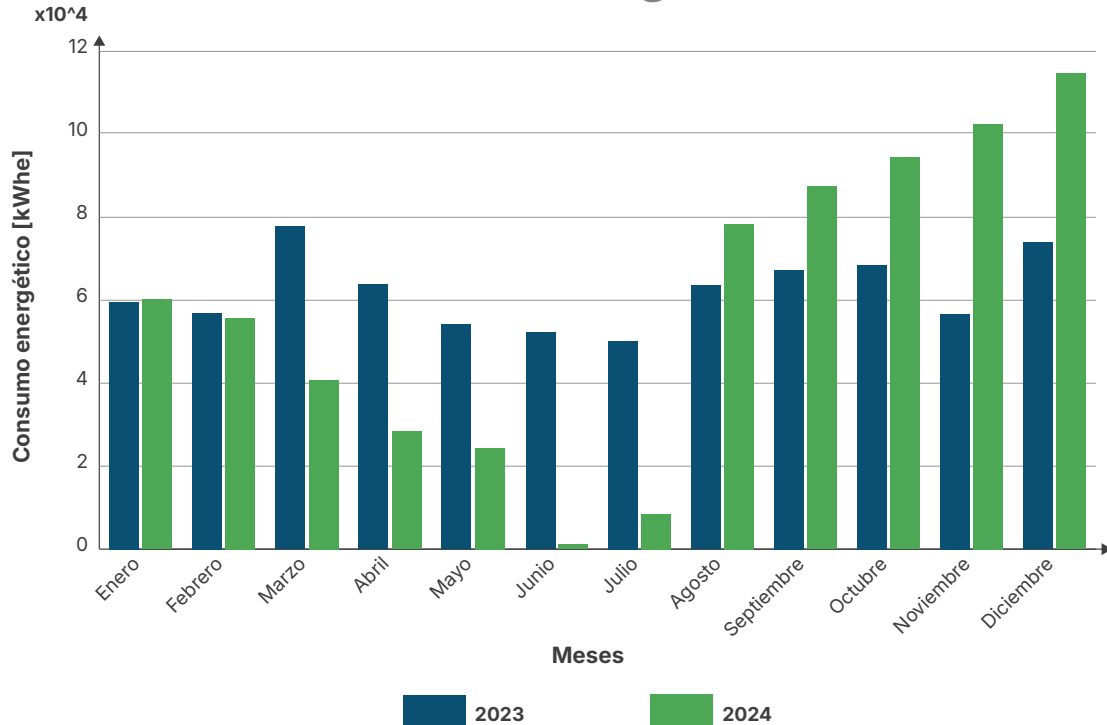


Gráfico 5. Consumo energético del vehículo analizado (2023 - 2024).

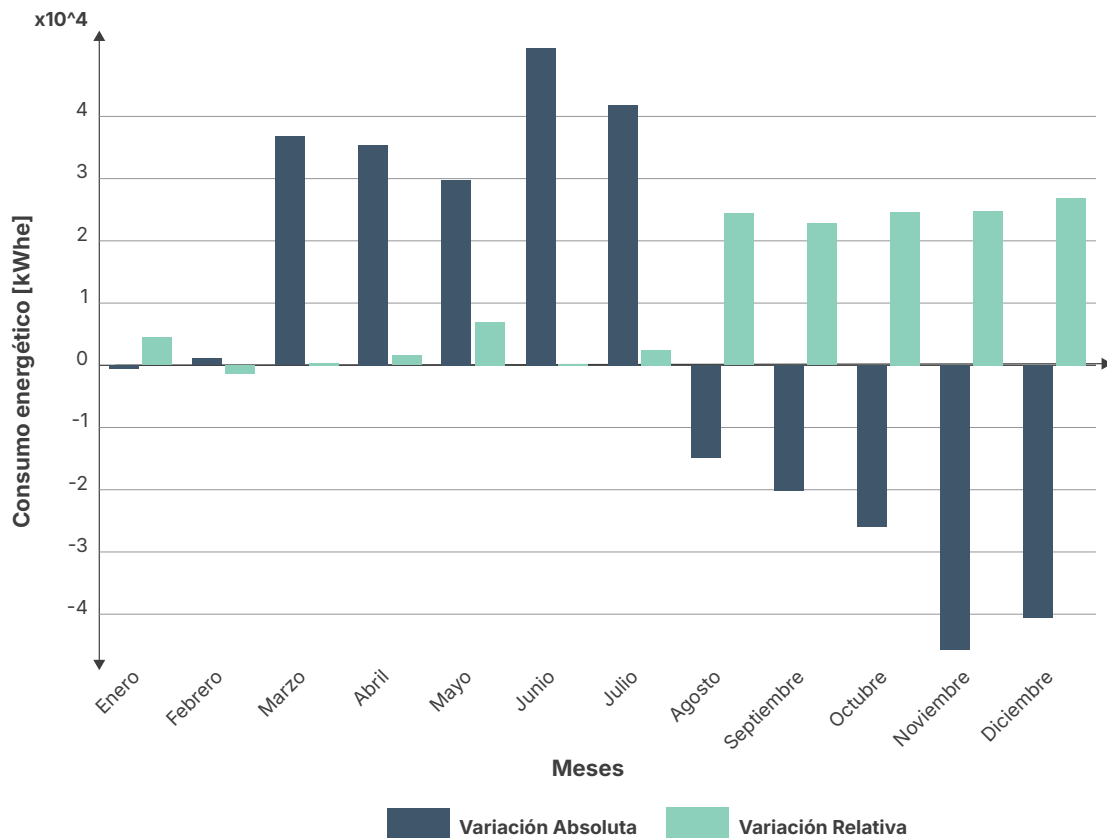


Gráfico 6. Variaciones absolutas y relativas de consumo energético del vehículo analizado (2023 - 2024).



Emisiones

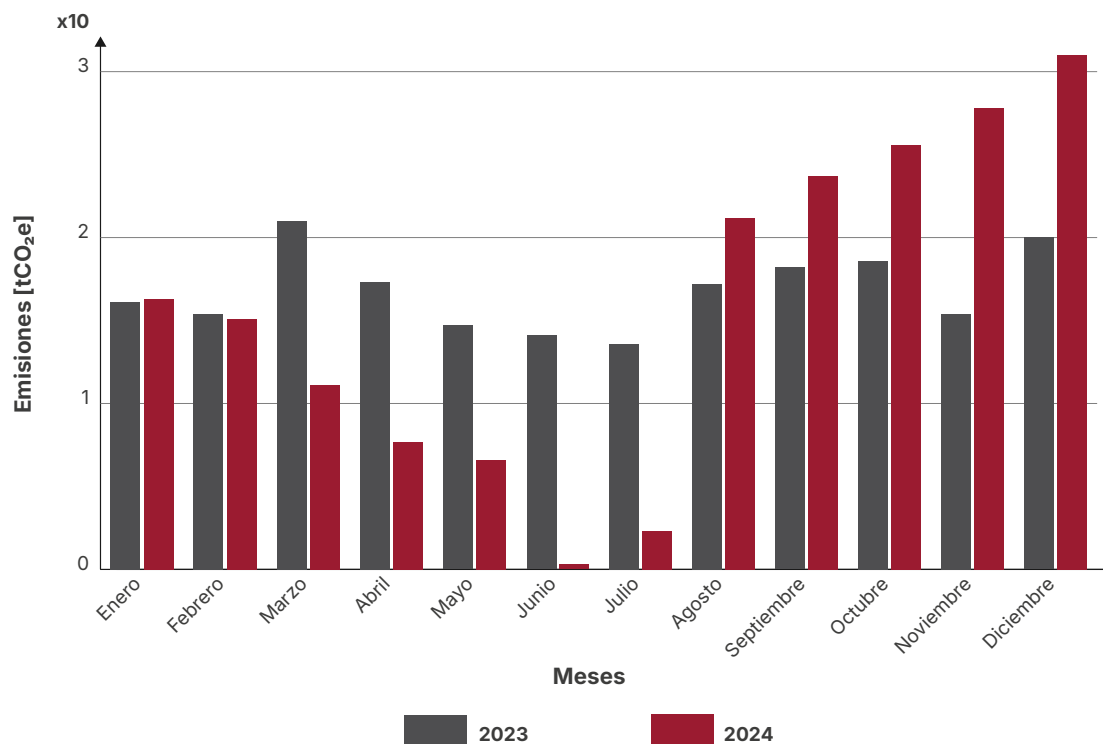


Gráfico 7. Emisiones del vehículo analizado (2023 - 2024).

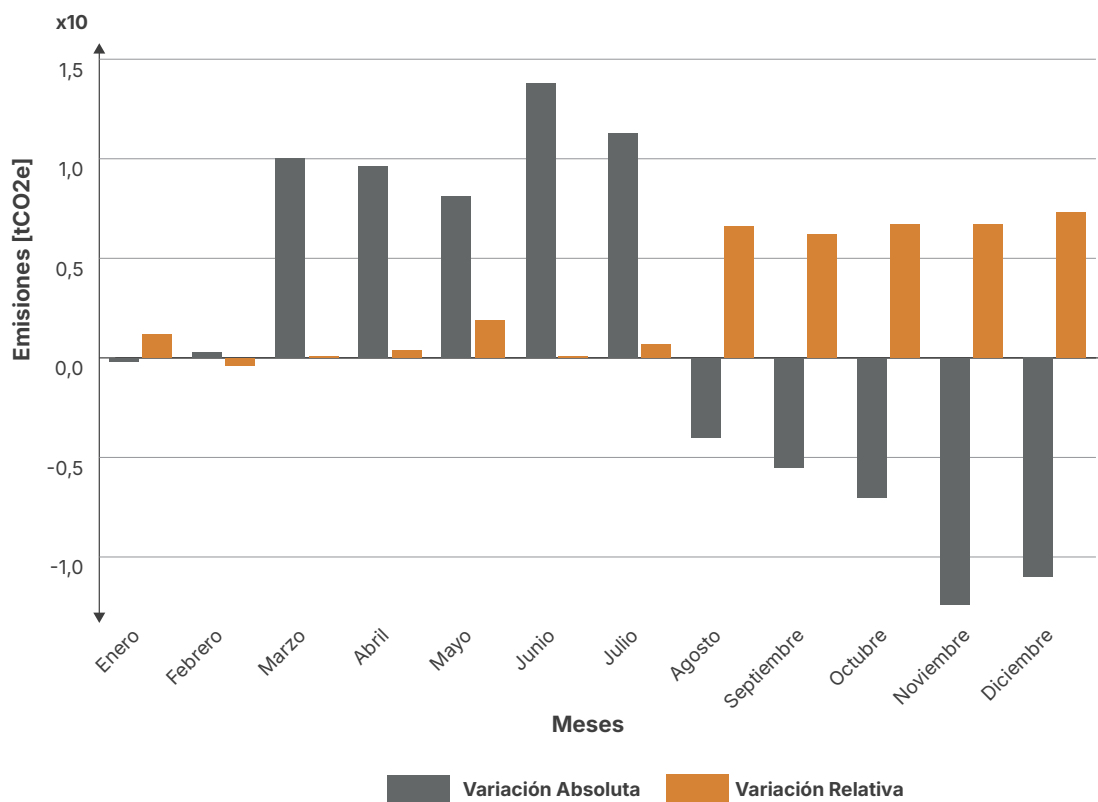


Gráfico 8. Variaciones absolutas y relativas de emisiones del vehículo analizado (2023 - 2024).



7

Análisis de resultados

En esta sección se presenta un análisis conjunto del consumo energético y las emisiones, considerando tanto el desempeño general de la flota como el de un vehículo específico, en base a los resultados presentados anteriormente.

Análisis de la flota completa

Los resultados mostraron un comportamiento energético equilibrado entre ambos años, con una desviación estándar mensual promedio para manos indicadores de 6,64 % y diferencias más marcadas en abril, mayo, julio y agosto (ver Gráficos 1 y 3). Al mismo tiempo, se identificó una tendencia a la disminución en el consumo energético y en consecuencia las emisiones. La Tabla 4 reúne los totales anuales de cada indicador y su variación de 2023 a 2024.

Tabla 4. Totales y variaciones anuales de cada indicador de la flota (2023 -2024).

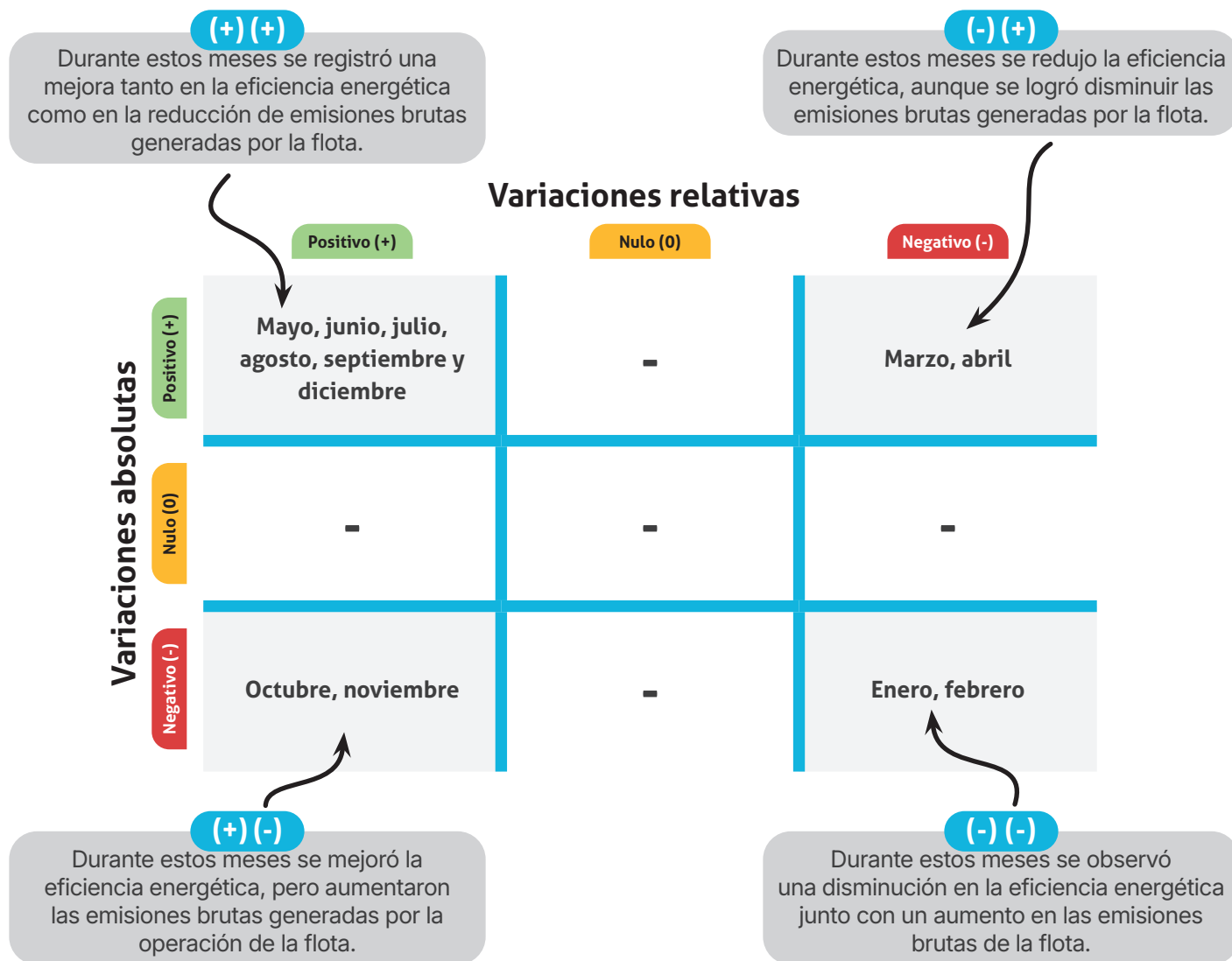
Categoría	Consumo Energético [kWh _e] $\times 10^6$		Emisiones [tCO ₂ e] $\times 10^2$	
	2023	2024	2023	2024
Total anual	16.91	15.75	45,77	42,65
Variación absoluta	1,15		3,12	
Variación relativa	0,34		0,93	

En términos mensuales, se observa que durante el primer cuatrimestre de 2024 la flota presenta una disminución en su eficiencia energética u operacional, reflejada en variaciones relativas negativas. En contraste, en el segundo y tercer cuatrimestre se evidencia una mejora en el desempeño, con variaciones relativas positivas (ver Gráficos 2 y 4). Para una interpretación adecuada, es fundamental analizar en conjunto las variaciones absolutas y relativas. En este contexto, la Tabla 5 presenta la clasificación de criticidad mensual según los resultados obtenidos.





Tabla 5. Clasificación de la criticidad mensual según resultados obtenidos de la flota.



Según el análisis conjunto realizado con la empresa, la clasificación mensual responde a una lógica operativa clara. **Durante el primer cuatrimestre de 2024**, las operaciones mantuvieron un control y medidas similares a las aplicadas en 2023. **La leve disminución en eficiencia durante este período** podría estar asociada a condiciones propias de la temporada estival, tales como mayores tiempos de espera por atochamientos, altas temperaturas y un control menos riguroso de las prácticas de eficiencia.

En contraste, la mejora progresiva observada a partir del segundo cuatrimestre de 2024 se vincula con

la implementación de una estrategia operativa más estructurada, iniciada en marzo de dicho año. Esta incluyó un sistema de seguimiento diario de cargas y control de eficiencia por kilómetro recorrido (km/L), lo que permitió identificar desviaciones significativas en el desempeño vehicular. Ante estos hallazgos, **se aplicaron medidas correctivas** como la capacitación en conducción eficiente, destacando la participación en el curso SmartDriver de Giro Limpio. De forma complementaria, se reforzó el control de la presión de neumáticos, una práctica iniciada en 2023, pero que a partir de este periodo se aplicó con mayor frecuencia y bajo una supervisión más sistemática.



Análisis del vehículo específico

En este caso, el consumo energético mostró una mayor variabilidad entre ambos periodos, con una desviación estándar mensual promedio de 43,05 %. Pese a ello, al igual que en el análisis general de la flota, se observó una tendencia anual a la disminución en el consumo energético y en las emisiones de GEI (ver Gráficos 5 y 7). La Tabla 6 resume los totales anuales y promedios mensuales de ambos indicadores.

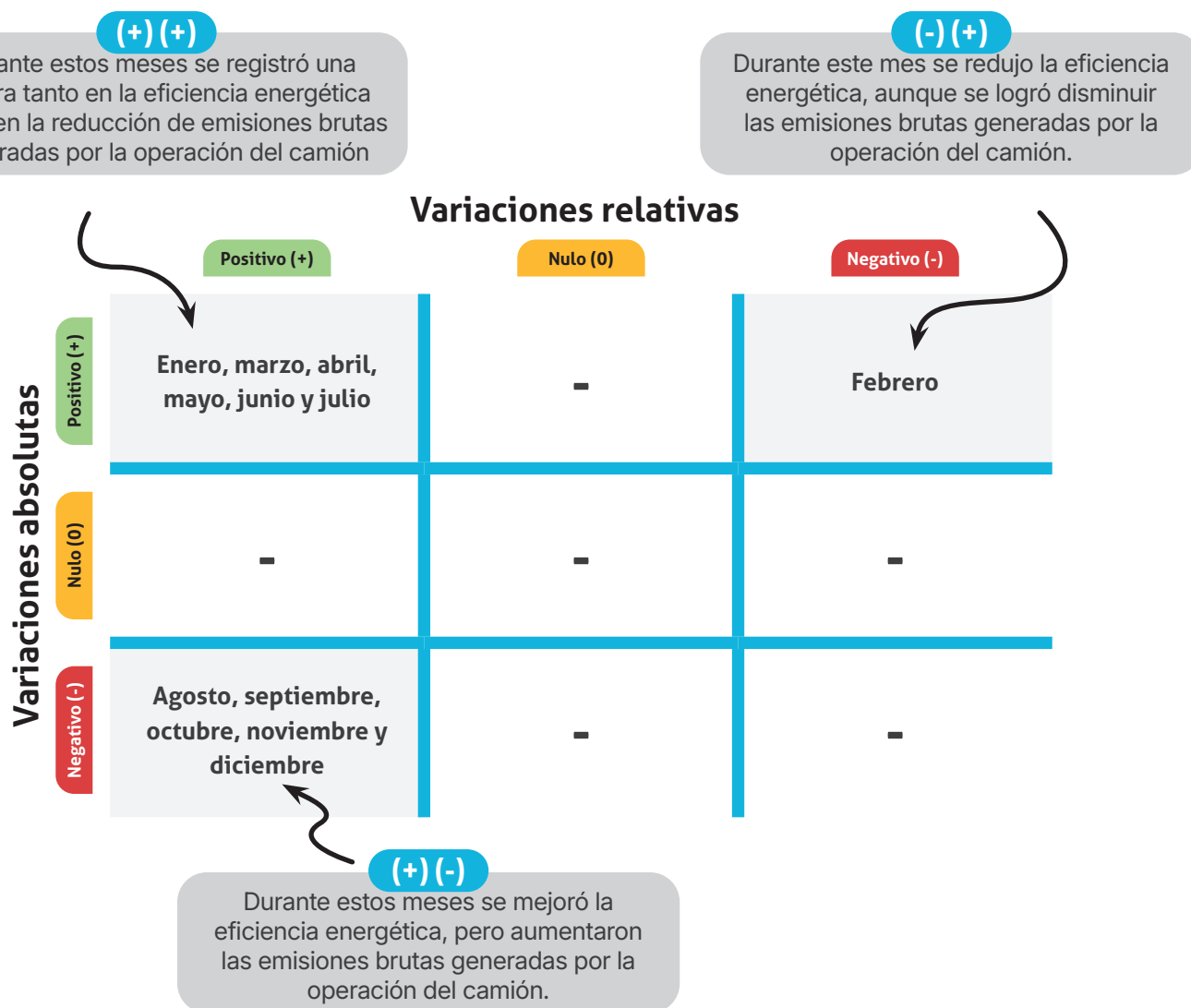
Tabla 6. Totales y variaciones anuales de cada indicador del vehículo (2023 -2024).

Categoría	Consumo Energético [kWh _e] $\times 10^4$		Emisiones [tCO ₂ e] $\times 10$	
	2023	2024	2023	2024
Total anual	74,46	69,66	20,16	18,86
Variación absoluta	4,80		1,30	
Variación relativa	13,84		3,75	

El análisis de las variaciones mensuales muestra que, durante los primeros siete meses de 2024, el camión mantuvo una tendencia de mejora, con reducciones tanto absolutas como relativas en el consumo energético y las emisiones, con una leve excepción en febrero. No obstante, a partir de agosto se produce un quiebre en esta tendencia: las emisiones y el consumo aumentan en términos absolutos, mientras que las variaciones relativas se mantienen positivas pero en mayor magnitud (ver Gráficos 6 y 8). En este contexto, la Tabla 7 presenta la clasificación de criticidad mensual según los resultados obtenidos.



Tabla 7. Clasificación de la criticidad mensual según resultados obtenidos del vehículo.



Los resultados sugieren que, si bien el vehículo fue más eficiente en 2024 respecto al año anterior, a partir de agosto se incrementó aún más esta eficiencia relativa, aunque con un mayor consumo energético en términos absolutos. Según la empresa, este comportamiento se explica por un cambio operativo ocurrido en julio de 2024, cuando el vehículo pasó de operar en la ruta de Caserones a la de Mejillones, lo que modificó las condiciones y exigencias de la operación.

La variabilidad observada se atribuye principalmente a las diferencias entre ambas rutas. La operación en Caserones, ubicada a más de 4.000 metros sobre el

nivel del mar, implica pendientes pronunciadas, menor concentración de oxígeno y caminos de difícil rodado, condiciones que incrementan el consumo energético. En contraste, la ruta hacia Mejillones, a nivel del mar y con mejores condiciones de tránsito, permitió una operación más eficiente.

No obstante, más allá del cambio de ruta, se evidencia una correcta gestión energética durante 2024, reflejada en la mejora progresiva de la eficiencia (reducción relativa positiva) incluso en meses comparables con 2023 bajo condiciones operativas similares.



8

Conclusiones y recomendaciones

La presente metodología de cuantificación de consumos energéticos y emisiones representa un avance en los esfuerzos por fortalecer la trazabilidad y gestión de las operaciones en el transporte de carga terrestre en Chile. Su aplicabilidad fue validada a través del pilotaje realizado con la flota de Transportes Vigal, demostrando que, mediante un registro adecuado y el análisis sistemático de datos, es posible generar indicadores útiles para orientar decisiones hacia una operación más eficiente y sostenible.

Este instrumento estimativo busca impulsar en las empresas el desarrollo de sistemas de registro operacional sólidos, que permitan reducir la incertidumbre en las estimaciones y avanzar progresivamente hacia una gestión energética

basada en evidencia. En este sentido, los indicadores generados no deben entenderse como un fin en sí mismos, sino como herramientas que, cuando son correctamente interpretadas y contextualizadas en la operación, pueden convertirse en instrumentos clave para la identificación de ineficiencias, la definición de estrategias de mejora, y la verificación de medidas orientadas al ahorro de combustible y la reducción de emisiones.

Cada operación es distinta y existen múltiples factores que influyen en el desempeño energético. Por ello, esta guía no busca entregar resultados exactos, sino valores de referencia técnicamente consistentes que permitan interpretar adecuadamente el impacto de las operaciones y orientar procesos de mejora continua.



9

Agradecimientos

Agradecemos a **Transportes Vigal** por su valiosa colaboración y compromiso con el pilotaje de esta metodología. Su disposición para compartir información operativa y su participación activa en el análisis de resultados fueron fundamentales para validar la aplicabilidad de la propuesta y enriquecer el desarrollo de esta guía.



Agradecemos también al programa **HuellaChile del Ministerio del Medio Ambiente** por su valiosa orientación y validación de los factores de emisión utilizados en la definición metodológica de este trabajo.





10

Bibliografía

- [1] International Organization for Standardization, ISO 14064-1:2018 – Greenhouse gases — Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals. [En línea]. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/66453.html>
- [2] International Organization for Standardization, ISO 14083:2023 – Greenhouse gases – Quantification and reporting of greenhouse gas emissions arising from transport chain operations, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.iso.org/es/contents/data/standard/07/88/78864.html?browse=ics>.
- [3] Smart Freight Centre, GLEC Framework 3.0, 2023. [En línea]. Disponible en: https://smart-freight-centre-media.s3.amazonaws.com/documents/GLEC_FRAMEWORK_v3_UPDATED_02_04_24.pdf
- [4] World Resources Institute, Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de GEI, 2001. [En línea]. Disponible en: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/protocolo_spanish.pdf
- [5] Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volumen 2: Energía, Capítulo 3: Combustión Móvil, 2006. [En línea]. Disponible en: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf
- [6] International Energy Agency, Global CO₂ Energy Consumption in Transport by Fuel in the Net Zero Scenario, 2000–2030, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/energy-consumption-in-transport-by-fuel-in-the-net-zero-scenario-2000-2030>.
- [7] Ministerio de Energía, Gobierno de Chile, Balance Nacional de Energía 2022. [En línea]. Disponible en: <http://energiaabierta.cl/visualizaciones/balance-de-energia/>
- [8] Ministerio del Medio Ambiente de Chile, Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2020, 2022. [En línea]. Disponible en: https://snichile.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2023/04/2022_IIN_CL.pdf
- [9] Agencia de Sostenibilidad Energética, Estadísticas Giro Limpio: Transporte de Carga Terrestre, Google Looker Studio. [En línea]. Disponible: https://lookerstudio.google.com/u/0/reporting/cfd265c8-1fa3-4fc4-ad77-8c7ce4a8c919/page/p_idv91usb4c.
- [10] Agencia de Sostenibilidad Energética, Guía de Registro de Datos: Recomendaciones para el registro de datos y generación de indicadores para el transporte de carga terrestre, Santiago, Chile, mayo 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.girolimpio.cl/wp-content/uploads/2022/07/guia_registro_de_datos-GL.pdf
- [11] Agencia de Sostenibilidad Energética, Guía Metodológica Extendida: Medición y Seguimiento del Desempeño Energético y Emisiones del Transporte de Carga por Carretera, Santiago, Chile, 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.girolimpio.cl/wp-content/uploads/2022/07/REF_Guia_Metodologica_Extendida_Transporte_Web.pdf



11

Anexo

En esta sección se presenta el detalle de los resultados mencionados previamente en el apartado de Resultados Obtenidos, con el propósito de complementar el análisis realizado y facilitar una revisión más profunda de la información.

Resultados generales de la flota

Tabla 8. Consumo energético y emisiones de GEI de la flota (2023 - 2024).

Mes	Consumo Energético [kWhe]x10 ⁶		Emisiones [tCO ₂ e] x10 ²	
	2023	2024	2023	2024
Enero	1,49	1,50	4,04	4,07
Febrero	1,290	1,31	3,49	3,53
Marzo	1,42	1,32	3,83	3,58
Abril	1,44	0,98	3,90	2,65
Mayo	1,42	1,24	3,85	3,35
Junio	1,26	1,25	3,42	3,38
Julio	1,50	1,35	4,07	3,66
Agosto	1,56	1,34	4,22	3,64
Septiembre	1,35	1,27	3,66	3,45
Octubre	1,40	1,47	3,80	3,99
Noviembre	1,30	1,37	3,52	3,72
Diciembre	1,47	1,34	3,97	3,63
Total	16,91	15,75	45,77	42,65

Tabla 9. Variaciones absolutas y relativas de consumo energético y emisiones de la flota

Mes	Consumo Energético [kWhe]x10 ⁶		Emisiones [tCO ₂ e]x10 ²	
	Variación Absoluta	Variación Relativa	Variación Absoluta	Variación Relativa
Enero	-0,01	-0,05	-0,03	-0,12
Febrero	-0,02	-0,03	-0,04	-0,07
Marzo	0,09	-0,04	0,25	-0,11
Abril	0,46	-0,05	1,25	-0,14
Mayo	0,18	0,13	0,50	0,36
Junio	0,02	0,03	0,04	0,09
Julio	0,15	0,04	0,41	0,11
Agosto	0,21	0,08	0,58	0,21
Septiembre	0,08	0,03	0,21	0,09
Octubre	-0,07	0,03	-0,19	0,09
Noviembre	-0,07	0,03	-0,20	0,09
Diciembre	0,12	0,12	0,33	0,33
Total	1,15	0,34	3,12	0,93



Resultados del vehículo seleccionado

Tabla 10. Consumo energético y emisiones del
vehículo analizado (2023-2024).

Mes	Consumo Energético [kWh _e] $\times 10^4$		Emisiones [tCO ₂ e] $\times 10$	
	2023	2024	2023	2024
Enero	5,96	6,02	1,61	1,63
Febrero	5,69	5,57	1,54	1,51
Marzo	7,77	4,08	2,10	1,11
Abril	6,38	2,84	1,73	0,77
Mayo	5,42	2,44	1,47	0,66
Junio	5,22	0,12	1,41	0,03
Julio	5,02	0,85	1,36	0,23
Agosto	6,35	7,84	1,72	2,12
Septiembre	6,73	8,75	1,82	2,37
Octubre	6,85	9,44	1,86	2,56
Noviembre	5,67	10,25	1,54	2,78
Diciembre	7,39	11,46	2,00	3,10
Total	74,46	69,66	20,16	18,86

Tabla 11. Variaciones absolutas y relativas de consumo
energético y emisiones del vehículo analizado.

Mes	Consumo Energético [kWh _e] $\times 10^4$		Emisiones [tCO ₂ e] $\times 10$	
	Variación Absoluta	Variación Relativa	Variación Absoluta	Variación Relativa
Enero	-0,06	0,45	-0,02	0,12
Febrero	0,11	-0,13	0,03	-0,04
Marzo	3,68	0,04	1,00	0,01
Abril	3,54	0,16	0,96	0,04
Mayo	2,98	0,70	0,81	0,19
Junio	5,10	0,02	1,38	0,01
Julio	4,18	0,25	1,13	0,07
Agosto	-1,48	2,44	-0,40	0,66
Septiembre	-2,02	2,28	-0,55	0,62
Octubre	-2,59	2,46	-0,70	0,67
Noviembre	-4,58	2,48	-1,24	0,67
Diciembre	-4,06	2,69	-1,10	0,73
Total	4,80	13,84	1,30	3,75

