



Informe Técnico
Preliminar para la
Adaptación de la

Herramienta de simulación **VECTO**



Agencia de
Sostenibilidad
Energética



Girolimpio
la ruta verde para Chile



Universidad
Andrés Bello

Centro de
Transporte
y Logística



Resumen ejecutivo

• • • •

El presente informe analiza los desafíos asociados a la implementación de una metodología de evaluación del rendimiento energético de vehículos pesados en Chile, en el marco del mandato establecido por la Ley 21.305 sobre Eficiencia Energética. Esta ley establece, en su artículo 7º, la obligación de fijar estándares de eficiencia energética para vehículos pesados en febrero de 2026, lo que requiere contar con información técnica representativa del consumo de combustible de estos vehículos.

Dado que el transporte terrestre representa el mayor porcentaje de consumo energético dentro del sector transporte, y que cerca del 50 % de este consumo corresponde a vehículos pesados, avanzar hacia la eficiencia energética en este segmento es clave para cumplir con los objetivos nacionales de descarbonización.

Inicialmente, el objetivo del presente trabajo fue avanzar en la adaptación de la herramienta VECTO (Vehicle Energy Consumption Calculation Tool) al contexto chileno, siguiendo la experiencia desarrollada en India. Sin embargo, durante las primeras etapas del análisis se identificaron importantes desafíos técnicos e institucionales que limitan la implementación completa de esta herramienta en el corto plazo. Entre ellos, destacan tres aspectos fundamentales:

-  La necesidad de contar con ciclos de conducción representativos de las condiciones locales,
-  El desarrollo de una clasificación propia de vehículos pesados, y
-  La disponibilidad limitada de datos técnicos sobre la configuración y desempeño energético de los vehículos comercializados en el país.

Dado este contexto, el enfoque del estudio fue ajustado para realizar una simulación utilizando los valores predeterminados por la herramienta VECTO, con el objetivo de evaluar su funcionamiento básico y, a partir de este ejercicio, identificar las principales barreras para su aplicación efectiva en Chile.

El análisis incluye una revisión del marco regulatorio vigente a nivel nacional, el estudio de normativas internacionales en la materia (con especial énfasis en la experiencia de la Unión Europea), y una evaluación comparativa entre la simulación basada en datos estándar de VECTO y una operación real de transporte terrestre en Chile. Los resultados permitirán identificar los ajustes, condiciones habilitantes y capacidades institucionales necesarias para avanzar hacia la implementación de un sistema robusto de certificación energética para vehículos pesados, adaptado a la realidad nacional.



Objetivos del estudio

.....

Objetivo general

Identificar las principales barreras para la implementación de la herramienta VECTO como base metodológica para la evaluación del rendimiento energético de vehículos pesados en Chile.

Objetivos específicos

01

Revisar el marco normativo nacional aplicable a vehículos pesados, con énfasis en las disposiciones sobre emisiones y eficiencia energética.

02

Analizar las experiencias regulatorias internacionales, especialmente la implementación de VECTO en la Unión Europea, y su potencial aplicabilidad al contexto chileno.

03

Comparar los resultados obtenidos mediante simulaciones con VECTO y los datos de una operación real de transporte terrestre en Chile.

04

Identificar las brechas técnicas, institucionales y operacionales que podrían limitar la implementación de una metodología basada en simulación para la evaluación energética de vehículos pesados.

05

Proponer recomendaciones preliminares para avanzar en el diseño de un sistema de certificación energética adaptado a la realidad chilena.



Ley 21.305

sobre Eficiencia Energética y la importancia de los estándares de eficiencia energética



A nivel mundial, la necesidad de avanzar en compromisos climáticos, reducir la polución en ciudades, disminuir la dependencia de combustibles fósiles y mejorar la seguridad de suministros, ha impulsado a diversas economías a aplicar y extender los estándares de rendimiento energético y/o de emisiones de gases de efecto invernadero del sector transporte. En el caso de vehículos livianos y medianos, 8 jurisdicciones (Canadá, Estados Unidos, Unión Europea, Japón, Corea del Sur, China, México y Arabia Saudita) han implementado políticas de eficiencia energética, mientras que, en el caso de vehículos pesados, 6 jurisdicciones (Japón, China, Estados Unidos, Canadá, India, y la Unión Europea) han desarrollado programas y políticas públicas para mejorar el desempeño ambiental de las flotas de este segmento vehicular.

Considerando que, según los registros del Balance Nacional de Energía de 2023, el transporte es responsable del 33,3% de la energía secundaria total demandada, y que el 82,8% del consumo de este sector está asociado al transporte terrestre caminero, la Ley de Eficiencia Energética mandata al Ministerio de Energía a fijar estándares de eficiencia energética para vehículos livianos, medianos y pesados, que consisten en metas de rendimiento energético (Ministerio de Energía, 2021). Estos serán implementados en forma escalonada, partiendo por los vehículos livianos (ya publicados en 2022), para seguir con los medianos y finalmente los pesados, igualando la regulación con las economías más avanzadas en esta materia.

En agosto de 2012 se publicó el decreto supremo N° 61, de 2012, del Ministerio de Energía, el cual aprueba el reglamento de etiquetado de consumo energético para vehículos motorizados livianos y medianos, que permitió generar un sistema nacional de medición y monitoreo del consumo energético del parque de vehículos nuevos, objetivo y transparente, que provea información necesaria para futuras decisiones de política pública. El sistema de etiquetado es una arista fundamental en la aplicación de estándares de eficiencia energética, ya que se utilizará como referencia en el proceso de fiscalización de cumplimiento de estándares de eficiencia energética. Por lo anterior, surge la necesidad de desarrollar una metodología de cuantificación de rendimiento energético del parque de vehículos nuevos pesados.



Revisión de la regulación nacional aplicable a vehículos pesados



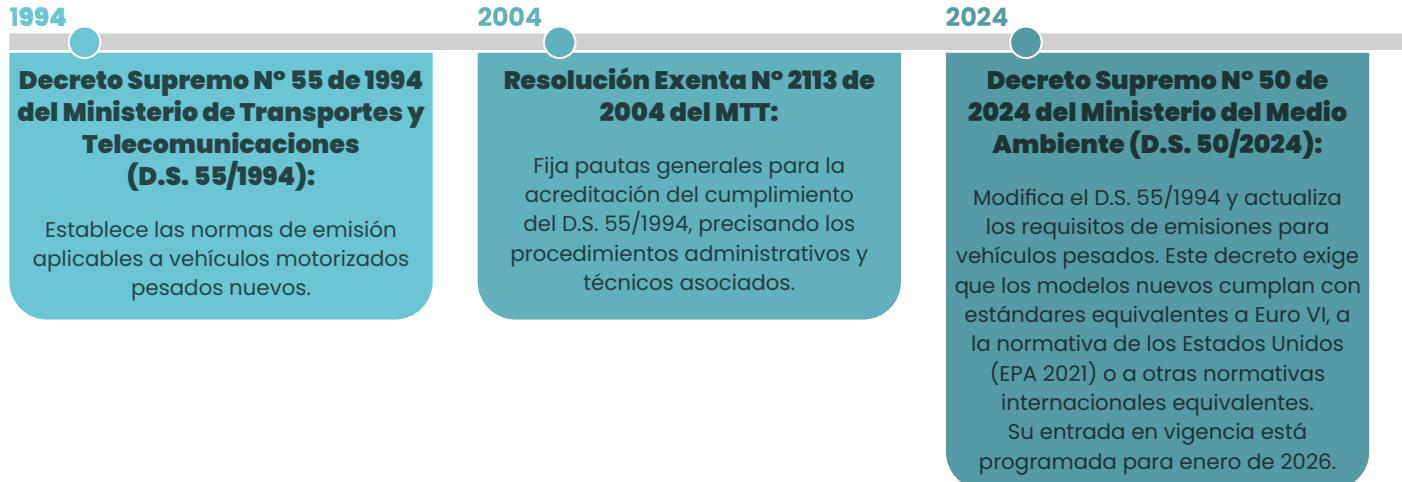
Este capítulo presenta una revisión del marco normativo vigente en Chile en relación con los vehículos pesados, en el contexto de los esfuerzos por implementar estándares de eficiencia energética y mejorar el desempeño ambiental del sector transporte. Si bien existen normas consolidadas en materia de emisiones, el desarrollo regulatorio vinculado al consumo energético y la eficiencia aún es incipiente para este tipo de vehículos.

2.1. Definición de vehículo pesado

En Chile, se considera vehículo pesado a aquel vehículo motorizado destinado al transporte de personas o carga, con un peso bruto vehicular igual o superior a 3.860 kilogramos, según la normativa del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Esta categoría incluye camiones, buses y otros vehículos de gran tamaño utilizados para el transporte de mercancías o pasajeros.

2.2. Normativa nacional sobre emisiones

Actualmente, las emisiones contaminantes de los vehículos pesados en Chile están reguladas principalmente por los siguientes instrumentos:



Este conjunto normativo representa un avance importante en la alineación de las exigencias nacionales con estándares internacionales de emisiones. Sin embargo, se enfoca exclusivamente en emisiones atmosféricas y no aborda aspectos relacionados con el consumo energético o el rendimiento de combustible.



2.3. Marco legal en eficiencia energética

La Ley N° 21.305 sobre Eficiencia Energética, publicada en 2021, introduce el mandato de establecer estándares de eficiencia energética para vehículos motorizados livianos, medianos y pesados. En su artículo 7, la ley establece que dichos estándares deben expresarse en kilómetros por litro de gasolina equivalente (km/lge).

En particular, para los vehículos pesados, se establece que:

- El estándar deberá ser publicado en febrero de 2026, mediante resolución del Ministerio de Energía en conjunto al Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.
- Su entrada en vigencia será en febrero de 2028.

Esta disposición crea un marco para avanzar hacia una mayor eficiencia energética en el parque vehicular, pero su implementación requiere contar con información técnica y datos representativos del rendimiento energético de los distintos modelos de vehículos pesados que se comercializan en el país.

2.4. Limitaciones en la recopilación de información energética

A diferencia de los vehículos livianos y medianos, los vehículos pesados no están contemplados en el Decreto Supremo N° 61 de 2012 del Ministerio de Energía, que regula el etiquetado de consumo energético y emisiones de CO₂ para vehículos nuevos. Este decreto obliga a los importadores a informar públicamente el rendimiento energético y las emisiones de cada modelo, lo que ha permitido contar con una base de datos robusta para esos segmentos.

La exclusión de los vehículos pesados de esta obligación implica que no existe una fuente oficial ni sistemática de información sobre su rendimiento energético, lo que dificulta el análisis de eficiencia energética y la elaboración de políticas basadas en evidencia para este segmento.



Antecedentes internacionales



3.1. Regulación de eficiencia energética de vehículos pesados

A nivel internacional, los vehículos pesados se encuentran entre los sectores de transporte con mayores tasas de crecimiento, por lo que diversas localidades han implementado programas y políticas para obtener un mayor desempeño en términos de eficiencia de combustible y de emisiones de gases de efecto invernadero de este segmento vehicular. Japón, China, Estados Unidos, Canadá, India y la Unión Europea son algunas de las jurisdicciones que han desarrollado regulaciones específicas para mejorar la eficiencia energética de vehículos pesados (ICCT, 2019).

Sin embargo, la industria de vehículos pesados presenta desafíos regulatorios debido a la dificultad de categorizar el parque vehicular, considerando la diversidad de configuraciones y sus distintos patrones de operación.

En el caso particular de la Unión Europea, se han establecido metas ambiciosas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el sector transporte, siendo el transporte por carretera el que mayor contribución tiene. Este representó el 32 % de las emisiones de carbono en la UE en 2015, y fue la única fuente de CO₂ que no logró ninguna reducción entre 1990 y 2015, registrando un aumento del 25 % en ese período (ICCT, 2018).

Actualmente, los vehículos pesados son responsables de aproximadamente el 25 % de las emisiones de CO₂ del transporte por carretera en la Unión Europea, y se estima que esta cifra podría aumentar hasta en un 10 % para 2030, debido al crecimiento de la demanda de transporte de carga y al estancamiento en los avances de eficiencia. La falta de incentivos de mercado ha limitado la adopción de tecnologías más eficientes, lo que ha motivado a la UE a establecer medidas regulatorias estrictas para abordar esta situación.

La estrategia regulatoria de la Unión Europea en esta materia se estructura en tres componentes principales:

Certificación del consumo de combustible y emisiones de CO ₂	Monitoreo y reporte	Establecimiento de estándares obligatorios de reducción
<p>A través del Reglamento (UE) 2017/2400, se establece que los fabricantes deben calcular las emisiones de CO₂ y el consumo de combustible de los vehículos pesados nuevos utilizando la herramienta de simulación VECTO (Vehicle Energy Consumption Calculation Tool), desarrollada por la Comisión Europea.</p>	<p>El Reglamento (UE) 2018/956 introduce un sistema de monitoreo y reporte obligatorio para los datos de emisiones de CO₂ y consumo de combustible certificados por VECTO. Estos datos deben ser presentados por los fabricantes y recopilados por los Estados miembros, permitiendo generar estadísticas públicas y facilitar la trazabilidad de los avances del sector.</p>	<p>El Reglamento (UE) 2019/1242, actualizado en 2024, fija metas vinculantes de reducción de emisiones de CO₂ para vehículos pesados. Estas metas incluyen una disminución del 15 % al 2025, del 45 % al 2030, del 65 % al 2035 y del 90 % al 2040, en comparación con los niveles de referencia de 2019. Además, se establece que el 100 % de los buses urbanos nuevos deberán ser de cero emisiones a partir de 2035.</p>



Estas medidas se complementan con la normativa europea de emisiones contaminantes, emitida por las instituciones de la Unión Europea (el Parlamento Europeo, el Consejo y la Comisión Europea), entre la que destacan:

Directiva 2007/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, que establece el marco general para la homologación de vehículos, componentes y sistemas en la UE.



Reglamento (CE) N.º 595/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, que introduce los requisitos de emisiones para vehículos pesados bajo la norma Euro VI.

Reglamento (UE) N.º 582/2011 de la Comisión Europea, que detalla los métodos de ensayo, la conformidad de producción y el control en servicio para asegurar el cumplimiento de la norma Euro VI.

Para cuantificar las emisiones de CO₂ y el consumo de combustible, la UE utiliza una combinación de pruebas físicas y simulaciones basadas en el software VECTO, el cual está disponible públicamente, es descargable y de código abierto¹.

India también ha implementado medidas para mejorar la eficiencia energética del transporte pesado. Originalmente, utilizaba pruebas físicas en pista a velocidades constantes para evaluar el consumo de combustible de vehículos pesados de más de 12 toneladas. Sin embargo, con el tiempo, las autoridades comenzaron a transitar hacia metodologías basadas en simulación, considerando como referencia el uso de herramientas similares a VECTO adaptadas al contexto local, tal como se documenta en el análisis del ICCT para India (Sharpe, 2019).

En el caso de Chile, mediante la Ley 21.305 sobre Eficiencia Energética, se establece la obligación de implementar estándares de eficiencia energética para vehículos livianos, medianos y pesados. Para el caso de los vehículos pesados, la ley mandata que el estándar debe ser publicado en febrero de 2026 y comenzar a regir en febrero de 2028. Si bien aún no se ha definido la metodología para cuantificar el rendimiento energético de los vehículos pesados en el país, las experiencias internacionales (en particular el caso europeo) constituyen una referencia técnica relevante para el diseño del sistema nacional de certificación.

En la siguiente sección, se describe la experiencia de adaptación de la herramienta VECTO al contexto de India, destacando las principales consideraciones técnicas y los desafíos enfrentados para aplicar este tipo de herramienta a mercados emergentes.

¹ La aplicación se puede descargar directamente desde la página oficial de la Comisión Europea: Vehicle Energy Consumption calculation Tool – VECTO – Climate Action.



3.2. Experiencia de adaptación de VECTO en la India

La experiencia de India en la adaptación de la herramienta VECTO constituye un ejemplo relevante para países en desarrollo que buscan implementar una metodología de simulación para la evaluación del rendimiento energético de vehículos pesados. En este proceso, se identificaron las modificaciones necesarias para adaptar la herramienta al contexto local, considerando la segmentación del parque vehicular, la disponibilidad de datos técnicos de componentes, y los ciclos de conducción representativos del país.

El trabajo de adaptación se organizó en torno a tres pilares:

Segmentación de vehículos	Datos de entrada del usuario	Definición de ciclos de conducción
<p>La versión europea de VECTO contempla 17 categorías de camiones, diferenciadas según tipo de vehículo (camión rígido, tractocamión o autobús), peso bruto y configuración de ejes. En el caso de India, se propuso una segmentación local compuesta por 11 categorías de camiones y 3 de autobuses, adaptadas a la realidad de su mercado y condiciones operacionales.</p>	<p>En Europa, VECTO requiere datos obtenidos mediante pruebas físicas estandarizadas para cada componente, incluyendo mapas de consumo de combustible del motor (usando dinámómetros), pérdidas de par en transmisiones, ejes y auxiliares, área frontal, coeficiente aerodinámico y resistencia a la rodadura. India buscó replicar esta metodología, aspirando a exigir pruebas físicas para todas las entradas técnicas donde existieran procedimientos definidos por la Unión Europea. Sin embargo, ante las dificultades operativas, se consideró como alternativa el uso de valores predeterminados en algunos módulos del software, permitiendo cierta flexibilidad para avanzar gradualmente.</p>	<p>Mientras que la legislación europea asigna ciclos de conducción únicos en función del tipo de vehículo, India optó por desarrollar nuevos ciclos basados en datos de operaciones reales, con el objetivo de reflejar mejor los perfiles de velocidad, carga y comportamiento de conducción típicos del país.</p>





Con base en estos tres ejes, el comité técnico encargado del desarrollo de la versión india de VECTO formuló las siguientes recomendaciones:

Priorizar las pruebas de componentes y vehículos completos utilizando metodologías estandarizadas.

Recopilar datos operacionales reales como base para el desarrollo de ciclos de conducción representativos.

Desarrollar capacidades locales en el uso del software y comprensión del código fuente de VECTO.

Involucrar a las partes interesadas del sector transporte desde las etapas iniciales del proceso.

Garantizar la transparencia en el uso de datos y en todo el proceso de certificación de emisiones de CO₂.

La experiencia de India permitió identificar las etapas clave y posibles barreras para implementar una herramienta como VECTO en países que aún no cuentan con un sistema de simulación para la evaluación energética de vehículos pesados. Estos aprendizajes son especialmente relevantes para el caso de Chile, donde se requiere avanzar en una metodología robusta y adaptada al contexto nacional, en el marco de la implementación del estándar de eficiencia energética para vehículos pesados mandatado por la Ley 21.305.



Metodología



Inicialmente, este trabajo tuvo como objetivo adaptar la herramienta VECTO (Vehicle Energy Consumption Calculation Tool) al contexto chileno, tomando como referencia la experiencia de implementación desarrollada en India. Para ello, se estableció una mesa técnica de trabajo compuesta por el Centro de Logística y Transportes de la Universidad Andrés Bello, el programa Giro Limpio y la Unidad de Transporte Eficiente del Ministerio de Energía. El enfoque metodológico se estructuró en torno a tres ejes principales: segmentación de vehículos, definición de datos de entrada y ciclos de conducción representativos para Chile.

No obstante, durante las primeras etapas del proyecto se identificaron importantes barreras que dificultaron el avance hacia una adaptación completa de la herramienta. Entre estas se encuentran: la ausencia de una clasificación técnica de vehículos pesados en el país; la falta de una base de datos pública con parámetros técnicos detallados de los vehículos; y la necesidad de generar ciclos de conducción representativos, lo que requiere un sistema de recopilación de datos de operación mediante telemetría que actualmente no está disponible de forma estandarizada.

Frente a estas limitaciones, se reformuló el enfoque del estudio y se optó por realizar una simulación piloto en VECTO utilizando parámetros predefinidos por la herramienta, con el objetivo de evaluar su aplicabilidad en el contexto nacional e identificar brechas y oportunidades para su eventual implementación.





A continuación se resumen los pasos desarrollados en esta primera modelación:

1

Selección del caso de estudio

Se trabajó con una empresa de transporte de carga pesada que proporcionó información sobre el vehículo más representativo de su flota y la ruta más utilizada. El modelo seleccionado fue un Mercedes Benz New Actros 2645 LS 33 Stream, y la ruta evaluada corresponde al tramo entre Maipú (Región Metropolitana) y Teno (Región del Maule), con una distancia total de 177,2 kilómetros.

2

Construcción del ciclo de conducción

A partir de datos reales de operación proporcionados por la empresa, se generó un archivo de ciclo de conducción compatible con VECTO, incluyendo velocidad, distancia, pendiente y detenciones. Para estructurar el archivo en el formato requerido (CSV), fue necesario desarrollar un código en Python.

3

Definición de parámetros del vehículo

Dado que no se contaba con los 37 parámetros técnicos requeridos por VECTO para una modelación detallada (como curvas de arrastre, mapa de motor o curva plena de carga), se optó por utilizar un modelo predefinido en la herramienta (Class5_Tractor_4x2), complementado con algunos datos técnicos extraídos desde la ficha del vehículo real, incluyendo el peso de la carga (30 toneladas).

4

Simulación en VECTO

Con el ciclo de conducción construido y el vehículo precargado ajustado, se ejecutó la simulación en la herramienta. Los resultados obtenidos fueron comparados con el rendimiento real estimado por la empresa en esa misma ruta, permitiendo identificar el grado de representatividad del modelo simulado frente a la operación real.

Este ejercicio piloto permitió identificar una serie de desafíos técnicos, normativos y de disponibilidad de información que deben ser considerados en el diseño de una metodología nacional de evaluación del rendimiento energético de vehículos pesados. Los resultados se presentan en el siguiente capítulo.



Resultados de simulación con VECTO y comparación con operación real

.....

Para utilizar la herramienta de modelación VECTO, es necesario tener en cuenta dos aspectos: la ruta o ciclo de conducción, la cuál debe considerar distintos parámetros específicos que seguirá la herramienta y; el vehículo a utilizar, el cuál contará con distintos parámetros mecánicos de su diseño y funcionamiento como el mapa de motor, transmisión, retardador, diferencial, neumáticos, carga transportada, aerodinámica, entre otros.

5.1. Ciclo de conducción

La herramienta VECTO requiere de un archivo estructurado con distintos parámetros que permiten establecer el ciclo de conducción que seguirá el vehículo para la modelación. En una primera instancia se debe determinar la ruta representativa que se desea utilizar para el modelamiento, el cuál debe considerar dentro de sus parámetros la distancia recorrida por el vehículo en metros, la velocidad del vehículo en kilómetros por hora, la gradiente o inclinación en % y los momentos en que existan detenciones.

5.2. Vehículo

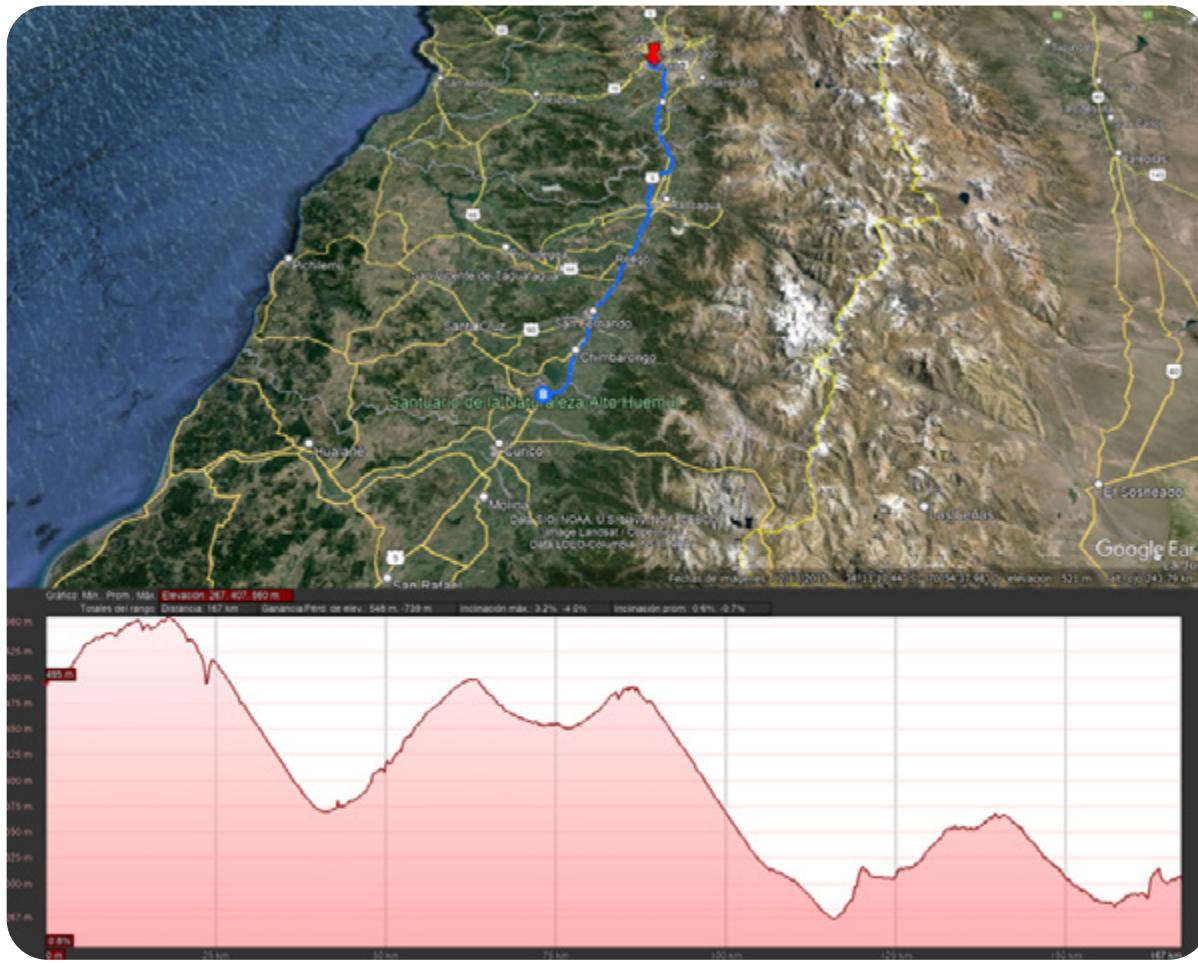
La descripción de los parámetros del vehículo son fundamentales para tener una modelación precisa respecto a la realidad operacional, por lo que incorporar cada uno de ellos a la herramienta VECTO requiere de un esfuerzo significativo en cuanto a las fuentes de información disponibles. El nivel de detalle que permite la herramienta de simulación asciende a más de 37 parámetros, donde se involucran valores específicos del vehículo como la curva plena de carga, curva de arrastre y mapa consumo combustible, lo cuál permite determinar según parámetros del fabricante su consumo de combustible y nivel de emisiones en el ciclo de conducción seleccionado.



5.3. Primera modelación

El primer acercamiento con la modelación en la herramienta VECTO se desarrolló en el año 2023 con datos de una empresa de transporte de carga pesada en Chile, quién entregó información respecto al vehículo más representativo de su flota y la ruta más transitada según sus operaciones de transporte. Ante esto, el vehículo modelado corresponde a un Mercedes Benz New Actros 2645 LS 33 Stream, el cuál seguía la ruta desde Maipú en la Región Metropolitana hasta Teno en la Región del Maule, lo cuál corresponde a una distancia de 177,2 kilómetros² sin detenciones a lo largo de esta.

Para poder utilizar esta ruta dentro de la herramienta, fue necesario generar un código de Python que permitiera realizar los cálculos necesarios de todos los parámetros y, a su vez, estructurar el archivo al formato csv que requiere el modelo.

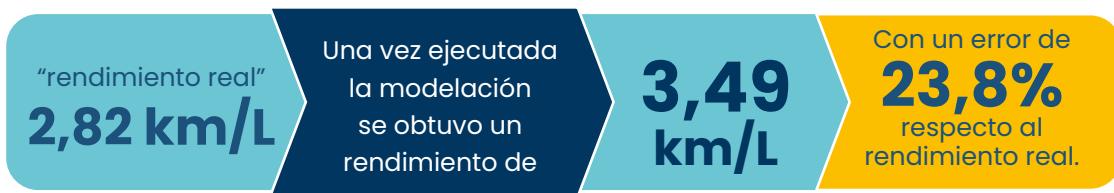


² La distancia fue calculada a través de la telemetría entregada por la empresa transportista del vehículo Mercedes Benz New Actros 2645 LS 33 Stream con origen en Maipú de la Región Metropolitana hacia Teno de la Región del Maule.



Teniendo la ruta generada y estructurada, se procedió a incorporar los parámetros del vehículo. Dado que la cantidad de parámetros que se pueden añadir a la modelación es extensa, se optó por considerar los atributos desde la ficha técnica del vehículo, sin embargo, para que el modelo pudiera ser ejecutado sin problemas fue necesario considerar un modelo predefinido por la herramienta correspondiente al Class5_Tractor_4x2. A pesar de que este vehículo predefinido no contaba con las características idénticas del Mercedes Benz New Actros 2645 LS 33 Stream, si presentaba similitudes en sus especificaciones, por lo que se procedió a utilizar este vehículo precargado y además incorporar la información respecto al peso de la carga transportada (“Loading” en la herramienta) de 30 toneladas, lo que permitió asimilar la operación de esta empresa transportista.

Para comparar los resultados que se obtuvieron con la modelación en la herramienta VECTO se calculó, según la información utilizada para construir el ciclo de conducción, el “rendimiento real” de este camión en esta ruta, lo que entregó un resultado de



Esta diferencia en su desempeño operacional podría verse reducida al incorporar los demás componentes reales con los que cuenta este vehículo, por ejemplo, la curva plena de carga, curva de arrastre y mapa consumo combustible específicos de este modelo, con su equipamiento según el año y origen de fabricación. Para conocer esta información es necesario contar con apoyo de la marca y el equipo de taller mecánico de la empresa transportista para validar los componentes existentes y así lograr ajustar los parámetros del vehículo precargado.





Barreras identificadas para la implementación de VECTO en Chile



Durante el desarrollo del estudio y el ejercicio de modelación con la herramienta VECTO, se identificaron una serie de barreras técnicas, institucionales y operativas que limitan su aplicación directa en el contexto chileno. Estas barreras se resumen a continuación:

6.1.

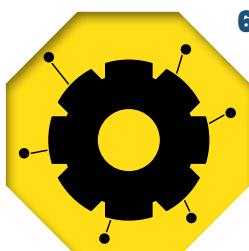
Limitaciones en el acceso a información técnica detallada



El mercado chileno de vehículos pesados es altamente diverso, con una gran cantidad de marcas, modelos y representantes comerciales. Esta diversidad ha dificultado el acceso a información técnica específica de los vehículos, ya que muchas marcas se muestran reacias a compartir datos sensibles que podrían ser utilizados por la competencia. Sin estos parámetros detallados (como mapas de motor, curvas de resistencia, configuraciones de transmisión y valores aerodinámicos), no es posible alcanzar la precisión que la herramienta VECTO permite ni replicar los resultados observados en condiciones reales.

6.2.

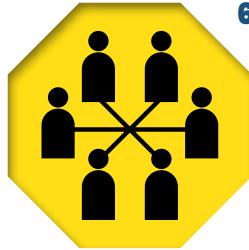
Alta complejidad técnica y número de variables requeridas



La herramienta VECTO requiere más de 30 parámetros técnicos para poder realizar simulaciones detalladas y confiables. Muchos de estos datos no están disponibles públicamente ni se incluyen en las carpetas de homologación nacionales, las cuales se basan en estándares internacionales que no necesariamente representan la realidad operacional chilena. Esta complejidad hace que la recopilación de información y la preparación de modelos sea altamente demandante en tiempo y recursos.

6.3.

Alto número de actores involucrados en la cadena de valor



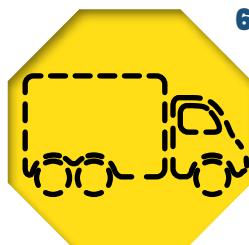
La implementación de una herramienta como VECTO exige la validación y coordinación de múltiples actores: importadores, fabricantes, operadores logísticos, autoridades públicas y laboratorios. Esta diversidad de intereses y capacidades representa un desafío adicional para avanzar hacia un sistema de certificación consensuado y técnicamente robusto.





6.4. **Restricciones en infraestructura de ensayo y validación local**

Actualmente, Chile cuenta con un único laboratorio para vehículos pesados (Centro de Control y Certificación Vehicular, 3CV), lo que limita la posibilidad de realizar pruebas de desempeño y emisiones en condiciones locales. En la práctica, las carpetas de homologación utilizadas corresponden a ensayos realizados en el extranjero, bajo condiciones que no reflejan las particularidades del país (por ejemplo, geografía, pendientes, sobrecargas, clima o calidad del combustible). Esto restringe la capacidad para obtener datos confiables y específicos para simulaciones energéticas avanzadas.



6.5. **Falta de registro y seguimiento en la compra y vida útil del vehículo respecto a su operación real**

En general (y en mayor medida para el pequeño transportista) el proceso de importación y adquisición de vehículos pesados en Chile responde más a la oferta disponible que a las condiciones reales de uso y sin registro de ello. Además, no se consigna de forma sistemática el tipo de operación, industria o tipo de carga con la que se desempeñará cada vehículo. Esta falta de trazabilidad impide conocer el contexto operacional necesario para una modelación realista y, por tanto, dificulta la personalización de los modelos según los perfiles de uso. Adicionalmente, los vehículos que se compran pueden cambiar su operación a lo largo de su vida con el mismo o distintos transportistas.



6.6. **Necesidad de sub-categorizar las operaciones de transporte**

La heterogeneidad del transporte de carga en Chile, con rutas y operaciones muy diversas, requiere de una segmentación más fina que permita distinguir diferentes contextos operativos (por ejemplo, transporte forestal, urbano, de larga distancia, etc.). Esta segmentación es clave para ajustar las simulaciones y ciclos de conducción, y aún no ha sido desarrollada a nivel nacional.



Conclusiones



La experiencia de modelación realizada en este estudio revela importantes barreras para la implementación de la herramienta VECTO en el contexto chileno. Si bien la simulación inicial permitió aproximarse al funcionamiento de la herramienta y explorar su potencial, también evidenció una serie de limitaciones estructurales que deben ser abordadas antes de pensar en su aplicación a nivel nacional.

En primer lugar, el mercado chileno de vehículos pesados se caracteriza por su gran diversidad de marcas y modelos, lo que implica una fragmentación significativa de la información técnica. Muchos importadores o representantes comerciales manifiestan reticencia a compartir datos críticos sobre los componentes de sus vehículos, por temor a perder ventajas competitivas. Esta falta de transparencia dificulta el acceso a parámetros específicos como mapas de motor, curvas de arrastre o datos de transmisión, esenciales para que VECTO genere resultados confiables y representativos.

Asimismo, la herramienta requiere una gran cantidad de datos técnicos tanto del vehículo como del ciclo de conducción. Muchos de estos parámetros no se encuentran disponibles públicamente ni pueden ser inferidos desde las carpetas de homologación actualmente utilizadas en Chile, ya que estas provienen de normativas internacionales y ciclos de ensayo que no reflejan las condiciones operacionales locales. Además, Chile cuenta con un solo laboratorio para vehículos pesados, lo que limita la posibilidad de validar componentes y configuraciones específicas según las condiciones geográficas y operativas del país.

Por otro lado, el proceso de adquisición de vehículos en Chile está restringido por la oferta disponible de los importadores, lo que reduce las opciones de personalización según las necesidades específicas de cada operación de transporte. Este aspecto es crítico, ya que las operaciones de transporte en Chile son altamente variables en términos de carga, distancia, topografía y tipo de industria, lo que exige una mayor granularidad en la caracterización de los segmentos operativos.

A ello se suma la falta de una base de datos nacional que permita vincular información técnica del vehículo con su uso real, su desempeño energético y sus condiciones de operación. La información disponible por ley de transparencia no resulta suficiente para alimentar una herramienta de simulación como VECTO con el nivel de detalle requerido.

Por último, una eventual implementación de VECTO en Chile requeriría de la validación y colaboración activa de todos los actores del mercado, incluyendo importadores, fabricantes, operadores logísticos y autoridades reguladoras. Considerando el gran número de partes interesadas y la actual fragmentación del sistema, esto supone un desafío institucional significativo que debe ser cuidadosamente planificado.

En resumen, si bien VECTO representa una herramienta robusta y estandarizada a nivel internacional para evaluar el rendimiento energético de vehículos pesados, su implementación en Chile enfrenta importantes barreras técnicas, informativas y de gobernanza. Superar estos desafíos requerirá de un trabajo coordinado y progresivo, orientado a mejorar la disponibilidad y calidad de la información, desarrollar capacidades técnicas locales y construir consensos con el sector privado.



Referencias



- Barlow, T. J., Latham, S., McCrae, I. S., & Boulter, P. G. (2009). A reference book of driving cycles for use in the measurement of road vehicle emissions.
- Comisión Europea. (2011). Reglamento (UE) n.º 582/2011 por el que se aplican los requisitos relativos a la homologación de los vehículos de motor y de los motores en relación con las emisiones procedentes de los vehículos pesados (Euro VI) establecidos en el Reglamento (CE) n.º 595/2009. Diario Oficial de la Unión Europea, L 167/1.
- Comisión Europea. (2017). Reglamento (UE) 2017/1151 de la Comisión, de 1 de junio de 2017... Diario Oficial de la Unión Europea, L 175/1.
- CONUEE. (2020). Norma de eficiencia energética para vehículos ligeros en México. Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.
- Dekraker, P., Barba, D., Moskalik, A., & Butters, K. (2018). Constructing engine maps for full vehicle simulation modeling (SAE Technical Paper 2018-01-1412). SAE International. <https://doi.org/10.4271/2018-01-1412>
- Environment Canada. (2022a). Heavy-duty vehicle and engine greenhouse gas emission regulations. Government of Canada.
- Environment Canada. (2022b). Passenger automobile and light truck greenhouse gas emission regulations. Government of Canada.
- EPA. (2024a). Heavy-duty greenhouse gas emissions standards. U.S. Environmental Protection Agency.
- EPA. (2024b). Light-duty vehicle greenhouse gas emissions standards. U.S. Environmental Protection Agency.
- Ergeneman, M. A., Sorusbay, C., & Göktan, A. G. (1997). Development of a driving cycle for the prediction of pollutant emissions and fuel consumption.
- European Automobile Manufacturers' Association. (2023). Fact sheet: CO₂ standards for heavy-duty vehicles.
- European Commission. (2019a). EU Regulation 2019/631: CO₂ emission performance standards for new passenger cars and for new light commercial vehicles. Official Journal of the European Union.
- European Commission. (2019b). EU Regulation 2019/1242: CO₂ emission performance standards for new heavy-duty vehicles. Official Journal of the European Union.
- European Environment Agency. (2022). Reducing greenhouse gas emissions from heavy-duty vehicles in the EU.
- International Council on Clean Transportation (ICCT). (2017). Fuel efficiency technology in European heavy-duty vehicles: Baseline and potential for the 2020–2030 time frame.
- International Council on Clean Transportation (ICCT). (2018a). Fuel consumption simulation of HDVs in the EU: Comparisons and limitations.
- International Council on Clean Transportation (ICCT). (2018b). The European Commission's proposed CO₂ standards for heavy-duty vehicles.
- International Council on Clean Transportation (ICCT). (2019). Adapting the Vehicle Energy Consumption Calculation Tool (VECTO) for use in India and other countries.
- International Council on Clean Transportation (ICCT). (2020). Strategies for deploying zero-emission bus fleets: Development of real-world drive cycles to simulate zero-emission technologies along existing bus routes.



- International Council on Clean Transportation (ICCT). (2022). Adapting US heavy-duty vehicle emission standards to support a zero-emission commercial truck and bus fleet.
- International Council on Clean Transportation (ICCT). (2023). India heavy-duty fuel efficiency program: Status and developments.
- METI. (2021a). Fuel efficiency standards for heavy-duty trucks and buses. Ministry of Economy, Trade and Industry (Japan).
- METI. (2021b). Top Runner Program: Fuel economy standards. Ministry of Economy, Trade and Industry (Japan).
- MIIT. (2021a). Fuel consumption standards for heavy commercial vehicles. Ministry of Industry and Information Technology (China).
- MIIT. (2021b). Fuel consumption standards for passenger vehicles. Ministry of Industry and Information Technology (China).
- Ministerio de Energía. (2012). Decreto Supremo N.º 61, de 2012, que aprueba el reglamento de etiquetado de consumo energético para vehículos motorizados livianos y medianos. Diario Oficial de la República de Chile. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1042535>
- Ministerio de Energía. (2023). Balance Nacional de Energía 2023. Gobierno de Chile. <https://energia.gob.cl>
- Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. (1994). Decreto Supremo N.º 55 de 16 de abril de 1994, que establece normas de emisión aplicables a vehículos motorizados pesados que indica. Diario Oficial de la República de Chile. <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=8364>
- Ministry of Environment Korea. (2022). Korean fuel economy and GHG standards for light-duty vehicles. Government of Korea.
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2007). Directiva 2007/46/CE por la que se crea un marco para la homologación de los vehículos de motor y de sus remolques... Diario Oficial de la Unión Europea, L 263/1.
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2009). Reglamento (CE) n.º 595/2009 relativo a la homologación de los vehículos de motor... Diario Oficial de la Unión Europea, L 188/1.
- Saudi Energy Efficiency Center. (2020). Saudi Arabia fuel economy standards for passenger vehicles. Government of Saudi Arabia.
- Sharpe, B., Delgado, O., Rodriguez, F., & Miller, J. (2019). Adapting the Vehicle Energy Consumption Calculation Tool (VECTO) for use in India and other countries. International Council on Clean Transportation. https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/ICCT_VECTO-India_20190926.pdf
- Universidad Tecnológica de Pereira. (2007). Diseño y aplicación de una metodología para determinar ciclos de conducción vehicular en la ciudad de Pereira.
- Wang, X., Gao, T., Guan, M., Jing, X., & Li, T. (2022). Effects of driving cycle on CO₂ emission of heavy-duty commercial vehicles based on VECTO simulation.



Agencia de
Sostenibilidad
Energética



Giro limpío
la ruta verde para Chile



Centro de
Transporte
y Logística



Conecta con nosotros

Visita nuestro sitio web
www.girolimpio.cl
ctl.unab.cl

Contáctanos
girolimpio@agenciase.org
ctl@unab.cl

Síguenos en nuestras RRSS
 @giro_limpio @girolimpio @ctlunab1
@ CTL-UNAB