

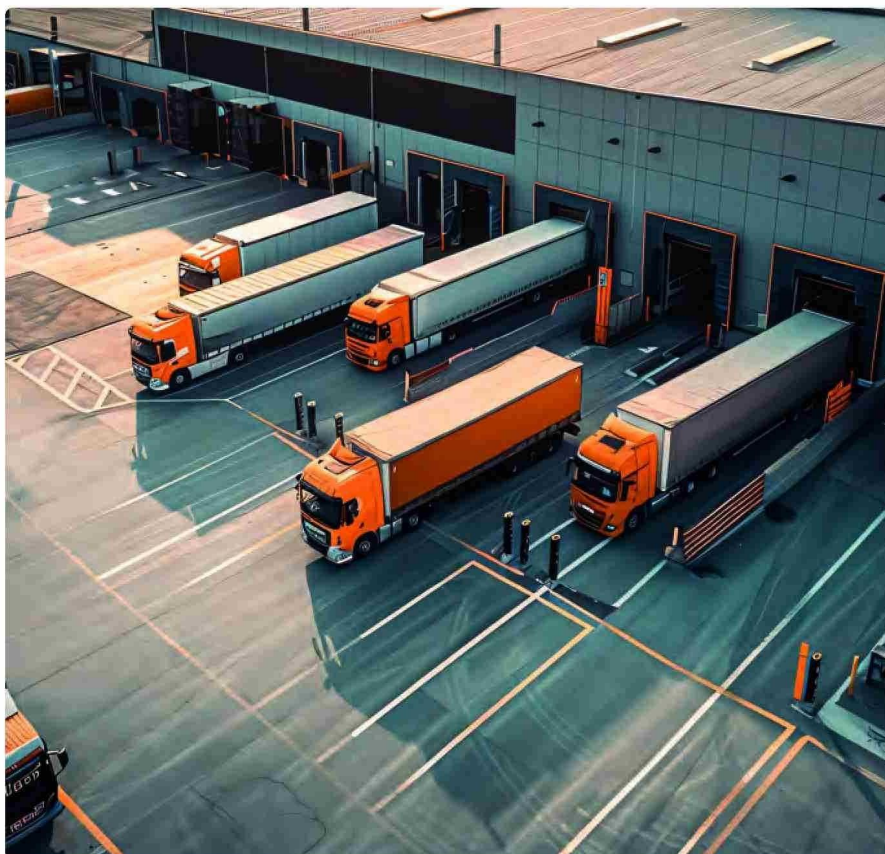
Al permitir operaciones con menores emisiones, el H2V abre la puerta a cadenas de suministro más sostenibles, capaces de responder a las crecientes exigencias ambientales de los mercados internacionales. Sin embargo, esta transformación no se limita al reemplazo de combustibles.

La incorporación del hidrógeno verde, según los expertos, implica rediseñar el supply chain en su conjunto: desde la localización de centros de producción energética hasta la planificación de rutas logísticas, pasando por la infraestructura de abastecimiento y la adaptación de flotas. Este proceso exige una coordinación compleja entre actores públicos y privados, así como inversiones significativas y el desarrollo de nuevas capacidades técnicas. En este contexto, el hidrógeno verde aparece como una oportunidad estratégica, pero también como un desafío sistémico para la logística chilena.

EL PORQUÉ DEL H2V

Cuando hablamos del potencial del H2V para generar cadenas de suministro sostenibles, el primer punto a considerar es la necesidad de que en Chile exista una transición real hacia sistemas de transporte más limpios, una prioridad que debe ser estratégica, de acuerdo con los

SUPPLY CHAIN VERDE: EL HIDRÓGENO COMO MOTOR DE CAMBIO Y SUS BARRERAS PENDIENTES



LA IRRUPCIÓN DEL HIDRÓGENO VERDE (H2V) EN LA LOGÍSTICA HA IDO, PRINCIPALMENTE, DE LA MANO DEL TRANSPORTE DE CARGA, LO CUAL NO SOLO REPRESENTA UN CAMBIO TECNOLÓGICO, SINO UNA TRANSFORMACIÓN ESTRUCTURAL PARA LA CADENA DE SUMINISTRO CHILENA. SU ADOPCIÓN TIENE EL POTENCIAL DE REDEFINIR LA LOGÍSTICA NACIONAL, ESPECIALMENTE EN SECTORES INTENSIVOS EN TRANSPORTE COMO LA MINERÍA, LA AGROINDUSTRIA Y EL COMERCIO EXTERIOR.

expertos. En este escenario, el hidrógeno verde emerge como una de las alternativas más prometedoras para descarbonizar el transporte pesado de carga, uno de los sectores más difíciles de electrificar.

Sin embargo, pese a su potencial, los datos evidencian que su implementación enfrenta importantes desafíos económicos, tecnológicos y regulatorios que con-

dicionan su viabilidad en el corto plazo. En cifras, el sector transporte, clave en el esquema logístico, representa aproximadamente el 25% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), con un fuerte predominio del transporte terrestre, que concentra más del 87% de dichas emisiones. Dentro de este segmento, el transporte pesado de carga destaca como uno de los principales emisores,

debido a su alta dependencia del diésel y al crecimiento sostenido del parque vehicular. En términos absolutos, el país cuenta con más de 254 mil camiones de carga, lo que dimensiona el impacto potencial de cualquier proceso de reconversión tecnológica.

Frente a este escenario, el hidrógeno verde aparece como una solución estratégi-

ca, principalmente por su capacidad de generar energía sin emisiones de CO₂ en su uso final, liberando únicamente vapor de agua.

VENTAJAS TÉCNICAS: EFICIENCIA ENERGÉTICA Y AUTONOMÍA

De acuerdo con el estudio, "Evaluación y viabilidad técnico-económica en la implementación del hidrógeno verde en el transporte pesado de carga y pasajeros", realizado por la Agencia de Sostenibilidad Energética y el Ministerio de Energía de Chile, y publicado en abril pasado, uno de los principales atributos del hidrógeno verde en el transporte pesado radica en su capacidad para ofrecer mayores autonomías y tiempos de recarga más rápidos en comparación con otras tecnologías como la electromovilidad basada en baterías.

Los vehículos eléctricos con pila de combustible (FCEV) presentan además mayores eficiencias energéticas en comparación con motores diésel tradicionales, lo que se traduce en un mejor desempeño en rutas exigentes y de larga distancia.

En los casos analizados en el estudio, los camiones a hidrógeno fueron capaces de cumplir rutas completas sin necesidad de repostaje, lo que refuerza su potencial para aplicaciones logísticas de alto kilometraje. Sin embargo, estas ventajas técnicas no son suficientes para garantizar su adopción masiva.

EL PRINCIPAL OBSTÁCULO: COSTOS DE INVERSIÓN MÁS ALTOS

El análisis económico del estudio, realizado por el Ministerio de Energía, es cate-

górico: los vehículos a hidrógeno tienen costos de adquisición entre 2 y 3 veces superiores a los vehículos diésel actualmente en operación.

Este factor impacta directamente en el Costo Total de Propiedad (TCO), indicador clave para la toma de decisiones en el sector transporte. A pesar de que los costos operacionales del hidrógeno podrían volverse competitivos en el futuro, hoy el TCO de los vehículos a hidrógeno no logra competir con el diésel.

Las proyecciones del estudio indican que, para alcanzar competitividad hacia 2030, sería necesario:

- **Reducir los costos de inversión en al menos un 50%**
- **Contar con subsidios de entre 65% y 75% en proyectos piloto bajo condiciones actuales.**

Estas cifras reflejan que, sin intervención estatal o mecanismos de apoyo financiero, la adopción del hidrógeno verde en el transporte de carga es aún inviable en términos económicos.

BRECHAS ESTRUCTURALES EN TODA LA CADENA DE VALOR

Más allá de los costos, el desarrollo del hidrógeno verde enfrenta dificultades a lo largo de toda su cadena de valor, tales como la producción limitada y los costos del combustible; además de una infraestructura insuficiente.

En torno al primer desafío, actualmente, la producción de hidrógeno verde en Chile no se encuentra desplegada a escala industrial, existiendo solo proyectos piloto o prototipos. Esto se traduce en un alto costo del kilogramo de hidrógeno para el usuario final, lo que afecta directamente la competitividad frente al diésel. En lo referente a la infraestructura, el estudio indica que el despliegue de estaciones

de carga es otro de los grandes desafíos. Así, el desarrollo se ha concentrado principalmente en el hemisferio norte, mientras que en Chile aún es incipiente.

En cuanto a las complejidades logísticas y tecnológicas, el estudio indica que la viabilidad técnica en el uso del hidrógeno verde presenta desafíos importantes en materia como: el almacenamiento, debido a su baja densidad volumétrica; el transporte, por requerir condiciones de alta presión o bajas temperaturas y la seguridad, al ser un gas altamente inflamable. Estas características implican la necesidad de desarrollar infraestructura completamente nueva, lo que aumenta las barreras de entrada.

BARRERAS REGULATORIAS E INSTITUCIONALES

El estudio también identifica brechas en el marco normativo, destacando la falta de regulación específica y la necesidad de adaptar procesos como:

- **Homologación de vehículos**
- **Certificación de infraestructura**
- **Procesos de importación y autorización.**

Estos factores pueden generar retrasos y aumentar la incertidumbre para los inversionistas. Finalmente, se identifica la necesidad de desarrollar capacidades técnicas especializadas, tanto para la operación como el mantenimiento de sistemas basados en hidrógeno.

VIABILIDAD CONDICIONADA: UNA OPORTUNIDAD DE MEDIANO PLAZO

A pesar de las brechas, el estudio concluye que el hidrógeno verde sí puede ser competitivo en el mediano plazo, especialmente en segmentos específicos:

- **Transporte de carga de larga distancia**
- **Operaciones de alto kilometraje**

• Zonas donde producción y consumo puedan integrarse localmente.

La clave estará en una combinación de factores: reducción de costos tecnológicos, desarrollo de infraestructura, políticas públicas y colaboración entre actores públicos y privados.

EL PROYECTO ESTIMA REEMPLAZAR 350.000 LITROS DE DIÉSEL ANUALES Y EVITAR LA EMISIÓN DE APROXIMADAMENTE 950 TONELADAS DE CO₂ AL AÑO, INCORPORANDO ADEMÁS TRACTOCAMIONES A HIDRÓGENO EN RUTAS REALES ENTRE LA REGIÓN METROPOLITANA Y LOS PUERTOS DE VALPARAÍSO.

Pese a este escenario, el hidrógeno verde mantiene un alto potencial en el mediano plazo especialmente en aplicaciones específicas como el transporte de larga distancia, operaciones de alto kilometraje y zonas donde producción y consumo puedan integrarse localmente.

Su impacto en supply chain podría ser decisivo, permitiendo no solo reducir emisiones, sino también mejorar la resi-

liencia y eficiencia de las cadenas logísticas mediante nuevas configuraciones energéticas.

En esta línea, comienzan a surgir iniciativas concretas que buscan validar su uso en condiciones reales. Uno de los proyectos más relevantes es el desarrollo

del primer anillo industrial de hidrógeno verde en logística, liderado por Colbún en conjunto con Walmart Chile y Marval, con una inversión de US\$13,7 millones y el apoyo de Corfo.

La iniciativa contempla una planta de electrólisis de 3 MW, capaz de producir 195 toneladas de hidrógeno verde al año, además de infraestructura de compresión, almacenamiento y dispensación.

El proyecto estima reemplazar 350.000 litros de diésel anuales y evitar la emisión de aproximadamente 950 toneladas de CO₂ al año, incorporando además tractocamiones a hidrógeno en rutas reales entre la Región Metropolitana y los puertos de Valparaíso. Este tipo de experiencias será clave para generar aprendizaje, reducir incertidumbre y avanzar hacia una adopción más amplia.

En conclusión, el hidrógeno verde se posiciona como una de las principales apuestas para descarbonizar el transporte de carga y transformar la cadena de suministro chilena. No obstante, la viabilidad de su aplicación y adopción masiva dependerá de la capacidad del país para cerrar las brechas expuestas por los expertos, articular políticas públicas, inversión y colaboración entre actores, permitiendo que esta tecnología pase del potencial a una realidad operativa en la logística nacional. ■