HVH

HIDRÓGENO VERDE HOY • EDICIÓN N°15

Impulsar el hidrógeno es un compromiso compartido

EXPERIENCIA GME

Pág. 12

Green Bin te cuenta por qué es importante auditar tu inventario de GEI
Pág. 9

16 razones de por qué Bahía Blanca puede convertirse en un hub de hidrógeno limpio
Pág. 18

América Latina ante el espejo del hidrógeno: potencial real, brechas visibles y ventanas de oportunidad
Pág. 25

6
El ABC del Hidrógeno Verde

7
ESPAÑA: El centro TECNALIA diseña electrolizador pionero

9
Green Bin te cuenta por qué es importante auditar tu inventario de GEI

12
Impulsar el hidrógeno es un compromiso compartido
EXPERIENCIA GME

18
16 razones de por qué Bahía Blanca puede convertirse en un hub de hidrógeno limpio

21
Hidrógeno en Paraguay

25
América Latina ante el espejo del hidrógeno: potencial real, brechas visibles y ventanas de oportunidad

28
HVO: combustible de vanguardia para la Transición Enérgica
-PARTE 1-

31
MÉXICO: Techint invierte en hidrógeno turquesa

33
Hidrógeno verde y Supply Chain

En pocas líneas
Alianza para enfrentar el reto verde
Pág. 8

En pocas líneas
Hidrógeno verde y la situación en Costa Rica
Pág. 20

En pocas líneas
Proyecto de ley para impulsar el hidrógeno en Argentina
Pág. 31

EDITOR:
Arq. Roberto De Brito

DIRECTORA:
Lic. Daniela Bentivoglio

JEFE DE REDACCIÓN:
Téc. Juan Pablo Pérez

DIRECTORA CREATIVA Y DISEÑO GRÁFICO:
Julieta Michelle

PRODUCCIÓN PERIODÍSTICA:
Natalia Lovece

DISEÑO WEB
FLUX

EQUIPO EDITORIAL:
Lic. Natalia Lovece / Lic. Martín Castiñeiras
Tec. Juan Pablo Pérez / Téc. Nadia Fernández
Lic. Martín Bentivoglio

EQUIPO ADMINISTRATIVO
Santiago De Brito / Sebastián García / Roberto Spano

COLABORAN EN ESTE NÚMERO:
Laura Souilla / Coline Champetier / Julieta Rabinovich / Martín Virdis / Ramiro Rodríguez / Ernesto Coutsiers / Juan Pablo Cecchini / Viviana Venturino / Pablo Franco / César Elías Baranda Benítez / Michel Osvaldo Galeano Espínola / Alejandro J. Gesino / Rodrigo Stacco / Gonzalo Fernández Francesconi

Agradecemos a Grupo Mercados Energéticos; M&S Ingeniería; Consorcio de Gestión del Puerto de Bahía Blanca; Green Bin; GIZ; H2Uppp; PLAPIQUI; Accelera; Centro Nacional de Hidrógeno de España; TECPETROL; TECNALIA; Asociación Costarricense de Hidrógeno; Banco de Desarrollo de América Latina y El Caribe.

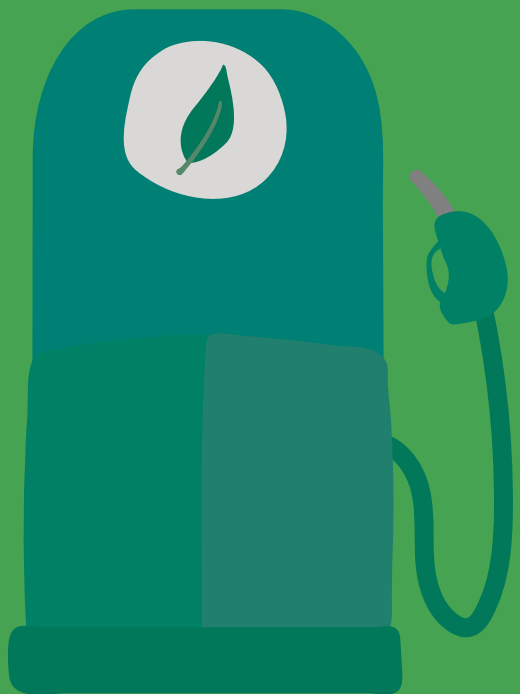
Hidrógeno Verde Hoy

En un mundo donde la descarbonización de las economías y la transición energética se vuelven cada vez más urgentes, el Hidrógeno Verde es una alternativa de enorme potencial.

Conocer de qué se trata, darle voz a los expertos en el tema y acercar estos conocimientos a la sociedad son los objetivos de esta revista que se complementa con el portal digital **www.hidrogenoverdehoy.com.ar**

En HVH este combustible del futuro, insumo industrial y vector energético es el protagonista desde una perspectiva científica, tecnológica, ambiental, económica y social, en la búsqueda de fomentar su impulso y desarrollo.

¡Bienvenidos a HVH!
Bienvenidos a este medio de comunicación que apuesta por el Hidrógeno VERDE para un mundo del mismo color.



Tres décadas brindando soluciones estratégicas en el sector energético

Asesoramos a nuestros clientes en temas vinculados a la transición energética: renovables, cadena de valor del hidrógeno y sus derivados.

Conocé más en **gme-global.com**

CONECTADO AL MUNDO,
UNIDO A VOS.

PUERTO®
BAHÍA BLANCA

GREEN BIN

Huellas claras, compromisos verdes

www.greenbin.com.ar

IDEA:
Héctor O. Etcheverry
*Con información de Accelera

¿Para qué se utilizan los electrolizadores?

Los electrolizadores se utilizan principalmente para **producir gas hidrógeno.** El hidrógeno es esencial para los procesos industriales, producción de fertilizantes y combustible. **Estos dispositivos se pueden utilizar para el almacenamiento de energía** al convertir el exceso de electricidad de fuentes de energía renovables -como la energía eólica, solar e hidroeléctrica- en gas hidrógeno. Luego, el gas se puede comprimir, almacenar y usar según sea necesario.

Los electrolizadores, que varían en tamaño y función, **son escalables para satisfacer diversas necesidades de entrada y salida.** Pueden variar desde pequeñas plantas de electrolizadores industriales instaladas en contenedores de envío para la producción in situ hasta instalaciones de producción de hidrógeno centralizadas a gran escala capaces de entregar hidrógeno en camiones o conectarse a tuberías para la mezcla de gas natural.

Los electrolizadores son también una tecnología complementaria a las celdas de combustible . Al funcionar como una batería, las celdas de combustible producen electricidad y calor. A diferencia de una batería, una celda de combustible puede producir electricidad sin fin si se suministra continuamente un combustible, como el hidrógeno. **Las celdas de combustible que usan hidrógeno generan electricidad con cero emisiones en el punto de uso para sus aplicaciones,** lo que significa que no se necesitan combustibles fósiles y no se crean emisiones nocivas.

ESPAÑA:
El centro TECNALIA diseña electrolizador pionero

Diseñado íntegramente por TECNALIA -el mayor centro de investigación aplicada y desarrollo tecnológico de España- este prototipo es un banco experimental híbrido para probar los componentes de un electrolizador. Además será capaz de producir hidrógeno verde desde sus instalaciones en Donostia-San Sebastián, según informó la institución.

El centro de investigación y desarrollo tecnológico **TECNALIA** desarrolló un **novedoso electrolizador capaz de ensayar diferentes tecnologías para la producción de hidrógeno.** Se trata de un banco experimental para que las empresas puedan probar los distintos componentes de un electrolizador, principalmente de su núcleo o stack. Opera a una potencia de aproximadamente 50 kW y tiene una capacidad de **producción de hidrógeno de alrededor de 1 kg/h.**

El electrolizador se encuentra en el laboratorio dedicado al desarrollo de tecnologías para la generación, almacenamiento, transporte, distribución, usos y seguridad del hidrógeno que TECNALIA puso en marcha el año pasado en sus instalaciones de Donostia-San Sebastián, donde actualmente se están llevando a cabo **más de 50 proyectos para la investigación y validación de tecnologías del hidrógeno,** así como su escalado para acelerar su industrialización.

De las cuatro tecnologías capaces de desarrollar hidrógeno verde, este banco de ensayos es capaz de realizar pruebas con dos tecnologías diferentes: **alcalino y AEM.** Diseñado íntegramente por TECNALIA, este prototipo podrá probar el stack del electrolizador y realizar al mismo tiempo el balance de componentes de la planta en diferentes condiciones de operación, y además incluye herramientas avanzadas para la **monitorización** de los parámetros clave del proceso.

El responsable de Tecnología del Hidrógeno en TECNALIA, **Ekain Fernández**, señaló: "Trabajamos conjuntamente con las empresas, para lograr una producción competitiva de hidrógeno verde. Para ello, **investigamos y desarrollamos tecnologías innovadoras de electrólisis con el objetivo de reducir el costo del hidrógeno**; y además, apoyamos a las empresas con ensayos y modelización de electrolizadores para su implantación en la industria. El desarrollo de este nuevo electrolizador es un gran paso en nuestro compromiso para contribuir al desarrollo de la economía del hidrógeno".

H2

EN POCAS LÍNEAS

Alianza para enfrentar el reto verde

Dado el complejo escenario mundial actual, Europa está buscando diversificar sus socios energéticos y de materias primas críticas, para que no queden concentrados en China y Rusia. Según el documento ***"Acción climática conjunta entre Europa y América Latina y el Caribe: una agenda común para el desarrollo"*** del CAF (Banco de Desarrollo de América Latina y El Caribe) la región se consolida como una posibilidad estratégica y confiable, no solo en materia de alianzas comerciales, sino también en la construcción y el desarrollo de una agenda conjunta que pueda hacerles frente a los desafíos climáticos.

Las iniciativas más significativas incluyen la reducción de la deforestación, que implica la consolidación de cadenas productivas sostenibles; el cambio hacia energías renovables, que sean a su vez de eficiencia energética; la electrificación del transporte; y la producción de hidrógeno verde, aspecto en el que América Latina cuenta con ventaja, dado que tiene un mayor porcentaje de fuentes renovables en sus matrices energéticas.

Según datos del Global Entrepreneurship Monitor, América Latina podría aumentar su capacidad de energía solar y eólica comercial en más de un 460% para 2030 si los 319 gigavatios (GW) de posibles nuevos proyectos en la región se concretan. Brasil, Chile, Colombia, Perú y México tienen las mejores perspectivas de crecimiento en este aspecto. (CAF)

Green Bin te cuenta por qué es importante auditar tu inventario de GEI

La **huella de carbono** es un indicador ambiental fundamental que cuantifica las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por las actividades humanas, principalmente en los ámbitos industrial y empresarial. **Este indicador resulta esencial para entender el impacto ambiental de las organizaciones y para desarrollar estrategias efectivas de sostenibilidad.** La incorporación de la huella de carbono en las políticas corporativas permite no solo mejorar la gestión ambiental, sino también potenciar la responsabilidad social y la competitividad en un mercado cada vez más consciente del cuidado del medio ambiente.

La huella de carbono contempla tanto las emisiones como las absorciones de GEI producidas o reabsorbidas, ya sea de manera directa o indirecta, en función de las actividades desarrolladas por la organización. Para ello, se realiza un inventario detallado que identifica tanto las fuentes de emisión como las de absorción, así como los recursos implicados en estos procesos. **Este inventario es la base para definir estrategias de reducción y compensación, logrando un impacto positivo en el medio ambiente y en la imagen institucional.**

La Importancia de auditar los inventarios de GEI

Green Bin ofrece un servicio especializado de auditoría interna del inventario de gases de efecto invernadero. Su equipo de expertos realiza una revisión exhaustiva de los datos, metodologías y procesos utilizados para elaborar el inventario, asegurando que cumpla con las normativas internacionales y que refleje con precisión las emisiones de su organización.

Estas auditorías permiten verificar la coherencia, la precisión y la transparencia del inventario, **identificando oportunidades de mejora y fortaleciendo la credibilidad de sus reportes ambientales.** Además, aseguran el cumplimiento de las normativas y estándares internacionales, facilitando la certificación y la comunicación transparente sobre las acciones ambientales de la organización. Si tu objetivo es certificar la exactitud de su inventario de GEI y cumplir con sus compromisos de sostenibilidad, **el equipo de Green Bin está listo para acompañarte en este proceso.**

Algunos de los beneficios de contar con auditorías internas en el inventario de GEI:

- Garantizar el cumplimiento de normativas locales e internacionales.
- Mejorar la precisión y confiabilidad del inventario.
- Fortalecer la credibilidad y transparencia frente a partes interesadas y entidades gubernamentales.
- Detectar oportunidades para optimizar procesos y reducir emisiones futuras.

Página web: **www.greenbin.com.ar**
Email: **greenbin@greenbin.com.ar**

20 AÑOS METALURGICA ALBACE

Más de 20 años de trayectoria en el rubro metalúrgico

Fabricamos recipientes a presión y estructuras en general bajo normas ASME VIII Div.1., recipientes de acumulación de distintos códigos de diseño, como API 650 o UL-142 y piping bajo ASME B31.3.

Poseemos certificación ISO 9001:2015 vigente.

Elaboramos planes de inspección y ensayos.

Contamos con soldadores calificados y personal certificado para la realización de ensayos no destructivos.

J. B. Alberdi 846, Colón - Entre Ríos + 54 9 3447 423475

www.metalurgicaalbace.com.ar

Impulsar el hidrógeno es un compromiso compartido

EXPERIENCIA GME

El mercado energético atraviesa una transformación profunda que plantea un nuevo paradigma que demanda reglas renovadas, estrategias innovadoras y una mirada integral. El hidrógeno es una de las claves dentro de esta transición, y la consultora internacional Grupo Mercados Energéticos (GME) viene ofreciendo soluciones estratégicas para fomentar su despliegue, acompañando a todas aquellas organizaciones y gobiernos que quieran sumarse a esta aventura. De la mano de GME y sus más de tres décadas de experiencia, conocemos cuáles son los aspectos a tener en cuenta a la hora de avanzar con este tipo de proyectos, donde la innovación se conjuga con oportunidades y desafíos a los que es necesario anticiparse.

El mercado energético atraviesa una fuerte transformación impulsada por políticas enfocadas en la reducción de gases de efecto invernadero. Los desarrollos tecnológicos y la creciente tendencia hacia el uso de fuentes de energía renovables, eficiencia energética, *smart grids* y esquemas de Power-to-X abren paso a un **nuevo horizonte con grandes oportunidades y desafíos.**

El crecimiento sustentable fue ganando importancia con la adopción de los **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)** establecidos por la **ONU**, un llamado universal que apunta a reducir la pobreza, proteger el planeta y promover la paz y la prosperidad hacia 2030. En ese marco se inscribe la misión de **GME**, que busca **apoyar a gobiernos e instituciones internacionales en la implementación de acciones y estrategias de transición energética justa para lograr estas metas,** particularmente en el área de la energía, agua y saneamiento.

Referentes en energía y sostenibilidad

Una trayectoria de más de 30 años, un equipo multidisciplinario y un enfoque integral que se irá poniendo en escena a lo largo de este informe. Esta es la base que sustenta la propuesta de GME, que integra la dinámica de los modelos de negocios emergentes con los objetivos socio-ambientales y estratégicos del sector de la energía desde un **enfoque holístico con visión local, regional y global** que le ha permitido liderar el ámbito de la consultoría internacional en este desafiante rubro.

En materia de hidrógeno la compañía participa de una amplia serie de iniciativas poniendo de relieve la **importancia de la cooperación internacional e inter-institucional.** La noción de compromiso compartido ha cobrado una fuerza creciente en el sector, especialmente debido a la escala que requieren los proyectos para ser viables desde el punto de vista ambiental y económico.

GME
EN POCAS LÍNEAS

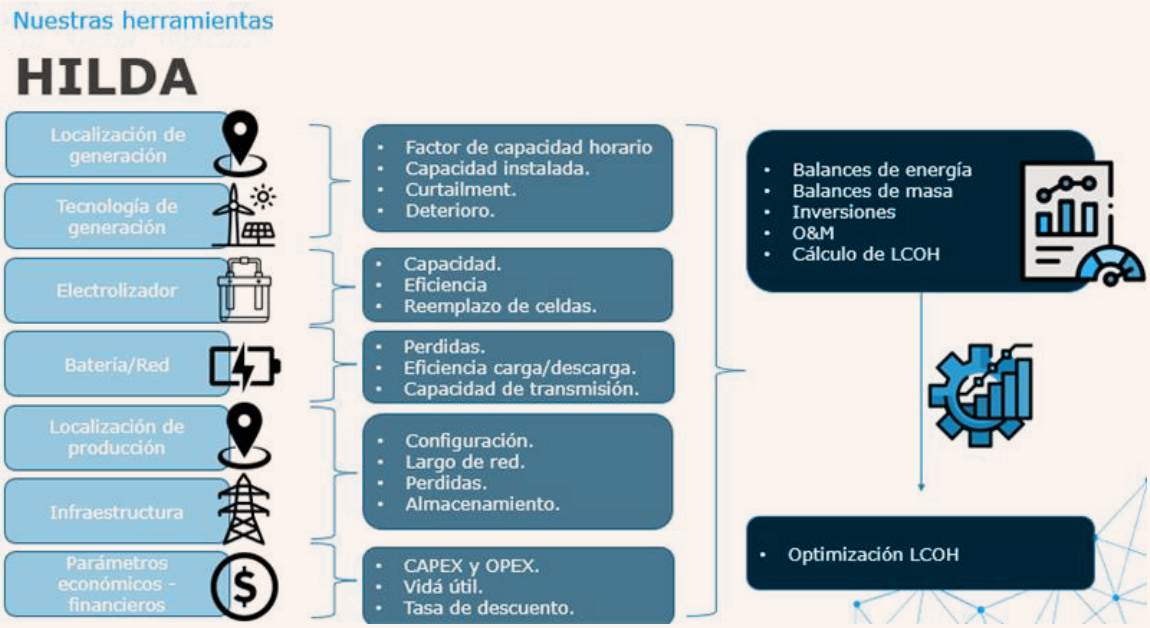
- Es una consultora internacional **líder en el sector de la energía.**
- Cuenta con una **trayectoria de más de 30 años** y una sólida experiencia en electricidad, gas, petróleo y tecnologías sustentables, como el hidrógeno de bajas emisiones.
- Ofrece un **enfoque holístico** que integra la dinámica de los negocios y la evaluación de riesgos con aspectos tecnológicos, regulatorios y socio-ambientales mediante una visión local, regional y global alineada con los **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)** promovidos por la ONU.
- Colabora con la **agenda de los ODS** apoyando a organizaciones internacionales y gobiernos a delinear estrategias y acciones principalmente en el área de la energía, agua y saneamiento.
- En materia de hidrógeno, **GME acompaña todo el ciclo de vida de los proyectos,** incluyendo el asesoramiento estratégico en materia regulatoria, tecnológica, socio-ambiental y financiera.

A través de su **División de Desarrollo Energético y Sostenibilidad (EDS)**, la compañía se aboca al diseño de hojas de ruta, evaluaciones técnico-económicas y modelos regulatorios que posicionan al hidrógeno verde como uno de los pilares de la descarbonización.

En esa línea, **GME cuenta con un portafolio de servicios que abarca desde los estudios estratégicos iniciales hasta la capacitación técnica especializada.** Entre sus principales áreas de trabajo se destacan la identificación y caracterización de hubs para el desarrollo de rutas de hidrógeno de bajas emisiones, así como la ingeniería conceptual y la estimación de costos de producción de hidrógeno y sus derivados —amoníaco, metanol y otros combustibles sintéticos— mediante un modelo de análisis propio de la empresa, que se denomina **HILDA (Hydrogen Industry Long-term Development Analysis)**. HILDA permite a gobiernos, organizaciones multilaterales y empresas privadas evaluar escenarios de producción de hidrógeno y sus derivados estimando costos, emisiones evitadas, intensidad energética, impacto en la creación de empleos y oportunidades de exportación.

La consultora internacional también **elabora estudios de prefactibilidad técnica, económica, regulatoria y financiera de proyectos Power-to-X (PtX), y perfila escenarios de descarbonización a largo plazo** tanto para países como para sectores industriales específicos, utilizando herramientas como el modelo LEAP, que permite analizar los impactos de distintos trayectos de descarbonización a futuro, evaluando sus implicancias energéticas, económicas y ambientales.

Gracias a su vasta experiencia, GME realiza **estimaciones de la demanda del hidrógeno como vector energético y sus aplicaciones.** La firma complementa su propuesta con el asesoramiento en financiamiento verde y aspectos regulatorios, junto con el desarrollo de programas de formación técnica, entre otros.



Proyectos insignia

GME cuenta con un sólido historial de proyectos vinculados al desarrollo del hidrógeno verde y la descarbonización en distintas regiones del mundo. Entre otras iniciativas, participa y ha participado en estudios estratégicos, asistencia técnica y formación especializada en países como Argentina, Brasil, **Chile, México, Uruguay y Túnez.**

Uno de sus logros más representativos tiene que ver con el **posicionamiento del Cono Sur como potencial exportador global de hidrógeno verde y sus derivados**[1], mediante un proyecto impulsado por **BID Invest** que abarcó a los territorios de Brasil, Argentina, Chile, Paraguay y Uruguay. Otro hito relevante ha sido la realización de estudios de prefactibilidad detallada[2] para acompañar el desarrollo del sector del hidrógeno verde en Túnez, en el marco de un proyecto liderado por la GIZ (Alemania).

En paralelo, GME realizó análisis detallados sobre los costos de producción de hidrógeno, las emisiones evitadas y los precios mínimos de venta de derivados del hidrógeno, contribuyendo con estudios de referencia para organismos multilaterales como el **Banco Mundial y la GIZ (Alemania).**

GME también brinda apoyo técnico a gobiernos y empresas privadas para elaborar hojas de ruta y guías para el desarrollo de proyectos PtX[3], planes de inversión en infraestructura energética, incluyendo el **análisis del potencial productivo del hidrógeno en Argentina** (insumo clave para la Estrategia Nacional de Hidrógeno) así como estudios sobre producción de amoníaco verde en Brasil y México, entre otros. Asimismo, ha impartido cursos de formación en Argentina, Uruguay y Kenia.

Por último, la experiencia acumulada en estas tres décadas de experiencia en la industria de la energía, le permitieron a GME producir **publicaciones donde se exploran los desafíos globales del hidrógeno verde y el impacto de estrategias internacionales,** muchas de las cuales hemos visibilizado a lo largo de las distintas ediciones de **HVH.**

Esta combinación de proyectos técnicos, consultoría estratégica y divulgación **posiciona a GME como un referente regional en el diseño de soluciones energéticas sustentables,** convirtiéndose especialmente en un aliado de alto valor para los gobiernos, organismos multilaterales e inversores privados que buscan liderar la carrera del hidrógeno verde.

Como vimos de la mano de GME, el sector del hidrógeno requiere de una fuerte planificación, y sobre todo, de alianzas estratégicas –como la que propone la firma internacional- para que su ansiado despliegue sea un hecho. **Porque impulsar el hidrógeno de bajas emisiones es un compromiso compartido.**

Contact information:

Laura Souilla
Partner & Managing Director
lsouilla@gme-global.com

Coline Champetier
Energy Sustainability Leader
cchampetier@gme-global.com

Julieta Rabinovich
New Energy Technologies Leader
jrabinovich@gme-global.com

[1] Unlocking Green and Just Hydrogen in Latin America and the Caribbean | Green Finance [2] Fin janvier, GME Global, en partenariat avec Ginger SOFRECO, a animé un atelier de présentation consacré aux « Études de préfaisabilité détaillée pour la production d'hydrogène vert et de ses dérivés... | GME Global
[3] PtX-Hub_2504_Guide-for-Power-to-X-project-development-in-Argentina_SPA.pdf

msftech

INGENIERÍA ESPECIALIZADA

www.msftech.com.ar

José Gontero **4661**. Parque Industrial. San Francisco. Córdoba

MSF TECH S.A.

16 razones
de por qué Bahía Blanca puede convertirse en un hub de hidrógeno limpio

Muchos expertos aseguran que Bahía Blanca -importante ciudad ubicada al sur de la provincia de Buenos Aires- es el lugar ideal para comenzar la transformación energética que Argentina necesita para aprovechar la tendencia mundial hacia economías de bajas emisiones. El hidrógeno limpio se posiciona como un vector estratégico clave en este camino, y Bahía Blanca tiene sobradas razones para instalarse como un centro de referencia y liderar el despegue que el sector tanto aclama.

#1 Bahía Blanca cuenta con un **polo petroquímico en funcionamiento desde hace más de 40 años, donde el manejo del hidrógeno es habitual.** Esto representa una ventaja en términos de seguridad, conocimientos específicos de su producción y tratamiento, aceptación pública, entre otros.

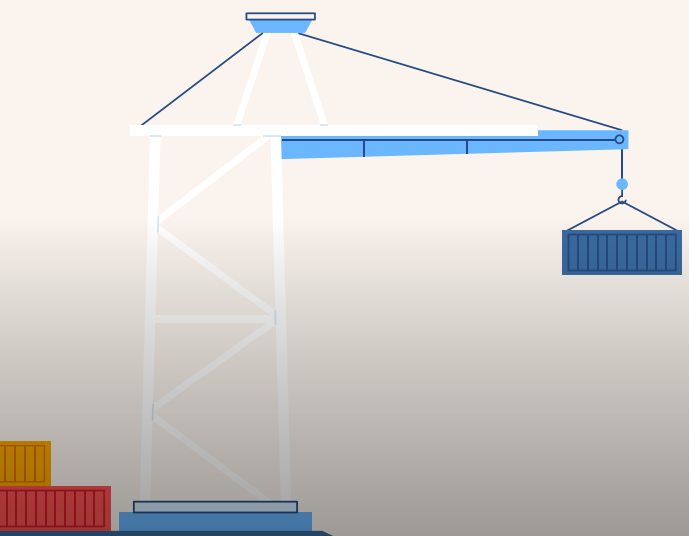
#2 Dispone de un puerto **de aguas profundas que está especializado en la carga/descarga de sustancias químicas,** entre ellas, amoníaco.

#3 El **alto factor de capacidad eólica** de la zona bahiense favorece la producción de hidrógeno verde a costos competitivos.

#4 La ciudad **ya es el principal productor de hidrógeno del país,** con una producción anual de aproximadamente 200.000 toneladas, representando el 60% del total nacional.

#5 El puerto de Bahía Blanca es **uno de los 38 puertos del mundo exportadores de amoníaco.**

#6 Es el **único puerto de Argentina que cuenta con terminales** y una infraestructura adaptable para la exportación de hidrógeno y sus derivados.



#7 Es el principal puerto **receptor de equipamiento para el montaje de parques eólicos.**

#8 Su **cercanía a gasoductos y redes de transmisión eléctrica** facilita tanto la producción como el transporte del recurso.

#9 Es un **punto de confluencia de diferentes gasoductos,** lo que habilita la producción de H2 de bajas emisiones por reformado con vapor de gas natural o ATR.

#10 La zona también alberga **industrias petroquímicas que podrían beneficiarse del hidrógeno** para descarbonizar sus procesos productivos.

#11 La ciudad cuenta con una **sólida base académica y científica** de la mano de instituciones como la Universidad Nacional del Sur, el PLAPIQUI (UNS-CONICET) y la Universidad Tecnológica Nacional, formadoras del capital humano que requiere esta industria.

#12 **Décadas de experiencia.** El Grupo de Reactores Químicos de PLAPIQUI comenzó a trabajar en el uso de hidrógeno (para producción de amoníaco) en el año 1992 y directamente en producción de hidrógeno por reformado con vapor en 1999.

#13 A lo largo de estos años, el sistema académico-productivo concretó diversos **trabajos de vinculación tecnológica.** Algunos de ellos incluyen el desarrollo de un optimizador en línea (RTO, de sus siglas en inglés) de la planta de amoníaco de **PROFERTIL**, llevado a cabo por el PLAPIQUI.

#14 Desde el establecimiento de las diferentes empresas que conforman el polo petroquímico local, **el hidrógeno ha estado siempre presente en Bahía Blanca,** ya sea producido ad-hoc o como subproducto en las líneas de proceso.

#15 **Alianzas estratégicas.** Desde el año 2022, el Grupo de Reactores Químicos de PLAPIQUI ha estado trabajando en la temática del hidrógeno junto con el **Consorcio de Gestión del Puerto de Bahía Blanca.**

#16 En el marco del estudio *"Alternativas de producción y comercialización de hidrógeno, reducción de emisiones gaseosas y valorización de dióxido de carbono. Estudio diagnóstico sobre el Puerto de Bahía Blanca y su zona industrial cercana"*, elaborado por PLAPIQUI en conjunto con el **Consorcio de Gestión del Puerto de Bahía Blanca** se realizó un inventario de producción de hidrógeno y de emisiones de CO 2 en la zona industrial de Bahía Blanca y se relevaron potenciales de producción de hidrógeno de bajas emisiones, lo que **ratifica el potencial de la zona bahiense como productora de hidrógeno limpio.**

H2

EN POCAS LÍNEAS

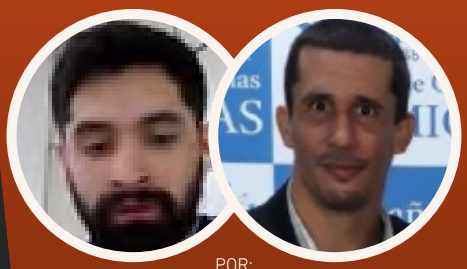
Hidrógeno verde y la situación en Costa Rica

La Asociación Costarricense de Hidrógeno fue fundada el 18 de febrero de 2018. A lo largo de todos estos años, ha contribuido significativamente al país promoviendo las tecnologías de hidrógeno renovable. La asociación es un actor importante en ámbitos donde se elaboran políticas públicas, aspectos regulatorios y normativa técnica relacionada con su área de competencia.

Compartimos un interesante material de divulgación donde se explican los puntos más importantes de este vector energético, su producción, economía, aplicaciones y proyectos en los cuales el país caribeño se encuentra trabajando.

Más info en:
https://hidrogenoverdehoy.com.ar/el-abc-del-hidrogeno-verde-y-la-situacion-en-costa-rica/

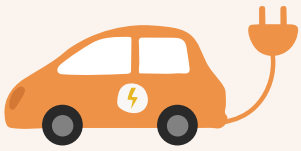
HIDRÓGENO EN PARAGUAY



POR:
Ing. César Elías Baranda Benítez y **Michel Osvaldo Galeano Espínola**

HVH presenta un informe especial elaborado por los ingenieros César Elías Baranda Benítez y Michel Osvaldo Galeano Espínola, ambos docentes investigadores de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Nacional de Asunción.

El interés en el H2 como vector energético creció en las últimas décadas, y el Gobierno de Paraguay, a través del Viceministerio de Minas y Energía (VMME), publicó la Estrategia Nacional del H2 Verde en diciembre de 2024, la cual lo propone como **un vector clave que puede contribuir a la transición energética y al desarrollo tecnológico del país**, no solamente en el sector de transporte, sino también en la industria y otros sectores [1].



Usos actuales y potenciales del H2 en Paraguay

Industria química: Se estudió la producción de hidrometano, metanol y amonÍaco a partir de hidrógeno verde electrolítico, tanto para uso interno como para exportación, proponiendo al hidrometano como combustible vehicular y al metanol como materia prima para elaborar combustibles, solventes, anticongelante, y su exportación a mercados de alta demanda como Brasil [2-4]. En Paraguay los principales usos industriales actuales del H2 están en la fabricación de fertilizantes nitrogenados y metanol [5]. La demanda anual de fertilizantes nitrogenados en Paraguay aumentó de 34.934 toneladas a 150.075 toneladas (+429%) en el periodo de 2002 a 2019 [1].

Las empresas actuales con inversiones/intenciones de inversión en H2 verde en el país son [6]:
- ATOME plc (Gran Bretaña).
- Neogreen Hydrogen Corporation (Canadá).
- Maire Tecnimont – FerSam Group (Italia).
- Fortescue (Australia).
- Parafuel (Austria).

Industria alimenticia: El H2 electrolítico se usa en la industria alimenticia para la hidrogenación de aceites vegetales, como lo hacen empresas como ContiParaguay SA y Altaja SA, que producen margarinas. Cerca del 7% de las exportaciones de Paraguay corresponde a estos productos, y el H2 utilizado es electrolítico [1,5].

El H2 tiene aplicaciones potenciales en la **generación de calor industrial** [7], en la industria del cemento [8], en el **sector de transporte** [1] y en la síntesis de **combustibles verdes** [4].

Estimación de costos de producción de H2 electrolítico en Paraguay

El Costo nivelado del hidrógeno (LCOH, por sus siglas en inglés) permite la comparación de proyectos y tecnologías, considerando tanto costos fijos como variables. **Estudios en Paraguay estiman un LCOH de entre 2,97 US$/kg y 4,65 US$/kg para la electrólisis PEM, y entre 2,27 US$/kg y 3,19 US$/kg para la electrólisis alcalina** [9]. Otros análisis y modelos sugieren un LCOH de hasta 2,8 US$/kg, posicionando a Paraguay de manera competitiva debido a su hidroelectricidad abundante y de bajo costo.

Investigación científica y tecnológica sobre H2 verde en Paraguay

En cuanto a la investigación científica y tecnológica se destacan proyectos como el PINV18-41, financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), que explora el potencial de producción de H2 a partir de fuentes renovables. **Los resultados indican que Paraguay tiene un gran potencial para producir H2 a partir de energía solar fotovoltaica, y que podría reemplazar a los combustibles fósiles en sectores como el transporte y el residencial** [10,11]. Además, se hicieron importantes investigaciones académicas y se organizaron eventos, como el **1° Simposio Iberoamericano de H2** [12].

El **Parque Tecnológico Itaipú - Paraguay (PTI-PY)** está a la vanguardia en la investigación de H2 verde en el país, con la instalación de un laboratorio de H2, mientras que proyectos innovadores en movilidad eléctrica y tecnologías limpias están en desarrollo [13,14].

Con respecto a la convocatoria regional de proyectos I+D en transición energética lanzada a inicios de 2024 por el CONACYT, entre los proyectos adjudicados se destacan los de la **Universidad Nacional de Asunción (UNA)** y la **Universidad Nacional de Itapúa (UNI)**, que buscan optimizar la producción y aportar en la construcción de un marco regulatorio del H2 verde en el país, así como su integración en sistemas energéticos regionales [15].

Estrategias de H2 verde de Paraguay

En septiembre de 2023, el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC) y el VMME formaron un grupo de trabajo interministerial con apoyo del **Banco Interamericano de Desarrollo (BID)** para elaborar una hoja de ruta. La abundante disponibilidad de hidroelectricidad de Paraguay a bajo costo favorecería la producción de H2 electrolítico [16].

En diciembre de 2024 el Gobierno paraguayo publicó la **Estrategia Nacional para la Economía del H2 Verde,** que se basa en cinco pilares: (1) desarrollo tecnológico e infraestructura, (2) acceso a mercados internacionales, (3) integración en el mercado energético local, (4) regulación y normativas, y (5) promoción de alianzas público-privadas. Las estrategias de exportación apuntan principalmente a mercados europeos y asiáticos, alineándose con sus políticas de descarbonización [17].

Marco regulatorio para el H2 verde en Paraguay

Paraguay está estableciendo un marco regulatorio para fomentar la producción y el uso del H2 verde, con el objetivo de atraer inversiones y garantizar un entorno normativo que impulse la innovación tecnológica y cumpla con estándares de sostenibilidad.

El **Comité Técnico de Normalización CTN 70** -liderado por el Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología (INTN) y el PTI-PY- ha trabajado en la **primera norma paraguaya sobre H2**, lanzada a finales del 2023, que define terminologías y conceptos básicos alineados con estándares internacionales. Esto prepara al país para integrarse en los mercados globales de H2 y fomentar la competitividad [18].

Por último, en noviembre de 2023 Paraguay firmó una **declaración regional** respaldada por el BID para implementar sistemas de certificación de H2 limpio. Esta certificación asegurará que el H2 producido cumpla con criterios de sostenibilidad, facilitando su aceptación en mercados internacionales y atrayendo inversiones [19].

Aunque todavía no existe una ley específica para el H2, se reconoce la **Ley N° 6977**, que promueve la inversión en energías renovables no convencionales y establece incentivos para las empresas que invierten en tecnologías limpias, posicionando al H2 verde como un componente clave en la transición energética del país [25]. Además, se trabaja en un **anteproyecto de ley** para regular la producción, distribución y exportación de H2 verde [21].

Referencias:
[1] VMME, Hacia la Ruta del Hidrógeno Verde en Paraguay. Marco Conceptual, Asunción, 2021. **[2]** M. Rivarolo, L. Magistri, A.F. Massardo, Hydrogen and methane generation from large hydraulic plants: thermo-economic multi-level time-dependent optimization, Appl Energy, 113, 1737 (2014). **[3]** M. Rivarolo, D. Bellotti, A. Mendieta, A.F. Massardo, Hydromethane and methanol combined production from hydroelectricity and biomass: thermo-economic analysis in Paraguay, Energy Convers Manag, 79, 74 (2014). **[4]** M. Rivarolo, G. Riveros-Godoy, L. Magistri, A. Massardo, Clean hydrogen and ammonia synthesis in Paraguay from the Itaipu 14 GW hydroelectric plant, Chem. Engineering, 3, 87 (2019). **[5]** Galeano Espínola, M. O. Estudo da viabilidade da produção de hidrogênio eletrolítico no Paraguai. Tese. Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos. Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas. São Paulo. Brasil. 2013. **[6]** AHK, Hidrógeno verde en el Paraguay, Asunción, 2022 **[7]** International Energy Agency, The Future of Hydrogen, 2019. **[8]** GISE, Construyendo un futuro energético sostenible: hacia un enfoque transdisciplinario de toma de decisiones para la evaluación e implementación de estrategias de políticas públicas para el sector energético y el cumplimiento de los Objetivos del Desarrollo Sostenible en el Paraguay, FP-UNA, 2022. **[9]** Heymo Ingeniería & Ariema Energía y Medioambiente, Análisis de aspectos técnicos y económicos para el desarrollo de una economía de hidrógeno en Uruguay y Paraguay, Proyecto de Cooperación Triangular: "Energía Asequible y Sustentable para el Paraguay: Implementando la Política Energética Nacional Paraguay-Uruguay-Alemania, 2020. **[10]** CONACYT, Towards the Hydrogen Economy: Paraguay, 2023 [prensa]. **[11]** Universidad Nacional de Asunción (UNA), Investigación sobre H2 verde vislumbra a Paraguay como el corazón energético de América, 2023 [prensa]. **[12]** Parque Tecnológico Itaipú, Ultiman detalles para la implantación del primer laboratorio de hidrógeno verde en el Paraguay, 2023 [prensa]. **[13]** Parque Tecnológico Itaipú, El PTI presentó proyectos de hidrógeno verde y movilidad eléctrica en Expo, 2023 [prensa]. **[14]** CONACYT, Anuncian proyectos de transición energética que recibirán financiamiento, 2024 [prensa]. **[15]** MOPC, Desarrollo de una estrategia nacional para la economía de hidrógeno verde en Paraguay, 2024 [Artículo de prensa]. **[16]** Energía Estratégica, Paraguay prepara una nueva estrategia nacional del hidrógeno, 2023 [prensa]. **[17]** INTN, Presentan avances en la elaboración de la estrategia nacional para la economía del hidrógeno verde en Paraguay, 2023 [prensa]. **[18]** MOPC, Paraguay firma acuerdo para la implementación del sistema de certificación de hidrógeno limpio, 2023 [prensa]. **[19]** VMME, Socialización de anteproyecto para el hidrógeno en Paraguay, 2023 [prensa]. **[20]** Ley N° 6977/23. Por la cual se regula el fomento, generación, producción, desarrollo y la utilización de energía eléctrica a partir de fuentes de energías renovables no convencionales no hidráulicas. 27 de enero de 2023. **[21]** Ferrere Abogados, Avances legislativos en materia de energías renovables, 2023 [prensa].

Autores: Ing. César Elías Baranda Benítez e Ing. Michel Osvaldo Galeano Espínola, docentes investigadores de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Nacional de Asunción,

calden

Soluciones integrales para el desarrollo energético sostenible

SECTORES ESTRATÉGICOS:

Energías Renovables e Hidrógeno
Energía Eléctrica
Gas y Petróleo
Minería

Argentina • Brasil • Perú • España

caldenconsultoria.com

América Latina ante el espejo del hidrógeno: potencial real, brechas visibles y ventanas de oportunidad

¿Puede América Latina abastecer al mundo con moléculas verdes? La región no solo cuenta con un potencial renovable de clase mundial, sino también con todos los recursos necesarios para producir hidrógeno verde y sus derivados de forma sustentable: acceso al agua sin comprometer el consumo humano y el desarrollo local, y disponibilidad de carbono biogénico clave para la producción de metanol verde. **¿Cómo dar el salto de la promesa al producto? Con visión estratégica, inversiones concretas y marcos habilitantes estables en el mediano y largo plazo, el hidrógeno verde latinoamericano y sus derivados pueden convertirse en una fuente de energía única que cruza océanos.** Las costas atlántica y pacífica de América Latina ofrecen rutas complementarias hacia Europa y Asia, mientras que los grandes ríos interiores —como el Paraná-Paraguay y el Magdalena, entre otros— abren oportunidades logísticas para el desarrollo de hubs energéticos tierra adentro. Así, **América Latina podría ocupar un rol clave en la descarbonización global, exportando electrones convertidos en moléculas limpias al mundo.**

La región en marcha: del potencial al posicionamiento estratégico en la economía del hidrógeno

En el escenario global de la transición energética, América Latina comienza a emerger como una región clave en el desarrollo del hidrógeno verde y sus derivados (Power-to-X). Ya no se trata solo de un potencial teórico sustentado en recursos naturales excepcionales, sino de una realidad política y económica en construcción. Países como **Uruguay, Brasil, Chile, Colombia, Paraguay y Argentina** han dado pasos concretos mediante la publicación de **estrategias nacionales de hidrógeno,** estableciendo metas, prioridades tecnológicas, ejes regulatorios y esquemas de cooperación internacional. Estas hojas de ruta no solo apuntan al desarrollo del hidrógeno como vector energético, sino que en varios casos (como en **Uruguay** y **Chile**) ya integran explícitamente el enfoque **Power-to-X**, promoviendo la producción de metanol, amoníaco y combustibles sintéticos para la exportación, considerando también el abastecimiento de sus respectivos mercados domésticos.

La región ha comenzado a atraer el interés de empresas líderes de Europa, Asia y América del Norte, y ya cuenta con proyectos piloto, anuncios de inversión y zonas identificadas para futuros hubs de hidrógeno verde. Este avance se apoya en ventajas competitivas singulares: recursos renovables de clase mundial, disponibilidad de agua (con tecnologías de desalinización o uso de fuentes sostenible y socialmente aceptable[1]), acceso a carbono biogénico y rutas logísticas por el **Atlántico**, el **Pacífico** y ríos estratégicos como el **Paraná-Paraguay**, y el **Magdalena**, entre otros.

Inversión, riesgo y oportunidad: los años decisivos del hidrógeno verde a nivel global y latinoamericano

El desarrollo global del hidrógeno verde y sus derivados se encuentra en un punto de inflexión. Empresas con amplio conocimiento tecnológico, capacidad financiera y experiencia operativa ya han dado los primeros pasos en Europa, Australia, África y América Latina, consolidando consorcios, diseñando hubs energéticos y promoviendo alianzas público-privadas. En América Latina, multinacionales energéticas, químicas y logísticas —junto a actores locales— impulsan proyectos piloto y precomerciales con ambición de escalar hacia una oferta competitiva en el mercado internacional de moléculas verdes. Sin embargo, **el camino por recorrer aún es largo y desafiante.**

En un contexto internacional marcado por graves conflictos geopolíticos, guerras comerciales y militares, la confianza inversora se ve constantemente tensionada. Esta inestabilidad global genera riesgos adicionales incluso para tecnologías que, si bien son **probadas y ampliamente conocidas en su funcionamiento técnico**, aún no han sido **desarrolladas a escala industrial en proyectos comerciales de gran magnitud.** La producción de hidrógeno verde y sus derivados exige inversiones intensivas desde las fases iniciales, sin antecedentes recientes de despliegue masivo a la escala requerida por el mercado global.

Esto plantea desafíos singulares de financiamiento, coordinación de actores y gestión de incertidumbres a largo plazo. Las entidades financieras que evalúan este tipo de proyectos realizan procesos de análisis de riesgo extremadamente rigurosos, que van mucho más allá de la tecnología empleada. Se analizan en detalle el contexto geopolítico y macroeconómico, la estabilidad regulatoria del país anfitrión (y de la región), el perfil y el **track-record del desarrollador**, la calidad y solvencia del **off-taker**, y la estructura contractual que respalda la operación. En conjunto, estos factores determinan la bancabilidad del proyecto y su capacidad de alcanzar el cierre financiero. En un entorno global volátil, asegurar estas condiciones a lo largo de los próximos 20 ó 30 años, exige una combinación de visión estratégica, alianzas sólidas y mecanismos de mitigación de riesgo innovadores.

A diferencia de otras industrias, los proyectos industriales de hidrógeno verde y sus derivados no pueden partir de escalas piloto o prototipos. Su viabilidad depende, en última instancia, del **precio final ofertado al comprador**[2], lo que impone fuertes exigencias desde las etapas iniciales del desarrollo. Existe una realidad estructural asociada a la **economía de escala:** los proyectos piloto o de pequeña escala difícilmente alcanzan precios competitivos frente a sus actuales alternativas fósiles. Esto obliga a los desarrolladores a **diseñar y financiar proyectos de escala media o grande desde el inicio**, asumiendo un mayor riesgo técnico, financiero y comercial. Alcanzar precios aceptables para los compradores —en contratos de largo plazo— solo es posible si los proyectos logran integrar de manera eficiente infraestructura, tecnología, recursos naturales y logística a una escala relevante. En este sentido, el desafío no es solo tecnológico o ambiental, sino también profundamente económico y estratégico.

Un componente crítico en este esquema son los contratos de **off-taking a largo plazo**, que permiten asegurar la venta de los productos —como amoníaco verde, metanol o e-fuels— durante 20 a 30 años. Sin embargo, persiste una **asimetría de expectativas**: los consumidores buscan precios bajos, mientras que los productores necesitan certezas para recuperar inversiones billonarias. En este delicado equilibrio, **los próximos años serán decisivos** para las empresas que elijan asumir el riesgo de ser las pioneras de una industria que, sin duda, será central en la transición energética global. América Latina puede y debe ser parte de esa vanguardia.

Verde, abundante y conectada: América Latina será clave en la nueva economía del hidrógeno

América Latina será una de las principales fuentes globales de combustibles verdes y sintéticos gracias a su potencial renovable de clase mundial, abundante agua de fuentes sostenibles y socialmente aceptables, y disponibilidad de carbono biogénico. Países como Uruguay, Chile, Colombia y Brasil ya cuentan con estrategias nacionales de hidrógeno y proyectos en desarrollo respaldados por actores internacionales. Con acceso estratégico a los océanos Atlántico y Pacífico y grandes ríos navegables, la región ofrece rutas logísticas únicas. Su combinación de recursos, ubicación y voluntad política posiciona a América Latina como un actor clave en el suministro energético limpio del futuro.

[1] En el contexto de la producción de hidrógeno verde, se entiende por fuentes sostenibles y socialmente aceptables de agua aquellas que pueden utilizarse sin generar impactos negativos sobre el abastecimiento humano, la producción de alimentos, los ecosistemas o los derechos de comunidades locales. En otras palabras, son fuentes de agua cuyo uso no compite con necesidades sociales, ambientales o económicas prioritarias.

[2] Conocidos como LCOH (Levelized Cost of Hydrogen), LCOA (Ammonia) o LCOM (Methanol). LCOH, LCOA y LCOM se refiere a los costos nivelados de producción de distintos vectores energéticos derivados del hidrógeno verde. Son métricas clave que se utilizan para evaluar la competitividad económica de los proyectos, ayudando a tomar decisiones técnicas, comerciales y financieras.

AUTOR

Dr. Ing. Alejandro J. Gesino
Senior Business Developer LATAM
alejandro.gesino@enertrag.com

ENERTRAG SE

- PARTE 1 -

HVO: combustible de vanguardia para la Transición Energética

POR:
Ramiro Rodríguez (FCEFyN - Universidad Nacional de Córdoba), **Mariela Colombo** (Caldén Consultoría SRL), **Ernesto Coutsiers** (UNSa – Universidad Nacional de Salta), **Juan Pablo Cecchini** (CIT–Rafaela, Universidad Nacional de Rafaela), **Viviana Venturino** (GIADEEH - Grupo de Investigación Aplicada de Estudio y Difusión de Emprendimientos Energéticos basados en hidrógeno, UTN Concordia).

El sector energético global afronta un momento decisivo, impulsado por la necesidad imperante de desarrollar soluciones innovadoras que mitiguen el impacto ambiental y fomenten un futuro más sostenible. En este contexto, **el aceite vegetal hidrotratado (HVO - Hydrotreated Vegetable Oil) surge como una alternativa prometedora al diésel convencional** (ULSD -Ultra Low Sulfur Diesel), ofreciendo una ruta tangible para la descarbonización del transporte y otras industrias intensivas en energía.

Este artículo, que se entrega en dos partes, profundiza en las características del HVO, su proceso de producción, sus ventajas y desafíos, haciendo especial énfasis en la **imperiosa necesidad de integrar hidrógeno de bajas emisiones en su cadena de valor para maximizar sus beneficios ambientales, y explorando las oportunidades que se presentan para su producción en Argentina.**

I. ¿Qué es el HVO y cómo se produce?

El HVO, **conocido como "diésel verde", es un biocombustible de segunda generación[1] que se denomina HEFA** (Hydro-processed Esters and Fatty Acids). A diferencia del biodiésel tradicional (FAME - Fatty Acid Methyl Esters), el HVO no se obtiene por transesterificación[2] , sino a través de un proceso que implica la reacción de las materias primas con hidrógeno a altas temperaturas y presiones, como se esquematiza en la Figura 1.

Figura 1. Esquema de producción de HVO

Un resumen breve del proceso de producción de HVO:

- **Recolección de Materias Primas.** Se recolectan aceites vegetales (usados y nuevos) y grasas animales.
- **Pretratamiento.** Se eliminan impurezas de las materias primas.
- **Hidrotratamiento.** Las materias primas se tratan con hidrógeno a alta temperatura y presión para eliminar el oxígeno.
- **Isomerización.** Se modifican las moléculas para mejorar las propiedades del combustible.
- **Refinado Final.** Se purifica el producto para obtener HVO de alta calidad.

El proceso de hidrotratamiento rompe las moléculas grandes en otras más pequeñas y elimina el oxígeno, el azufre, el nitrógeno y los aromáticos de la materia prima. El resultado es un hidrocarburo parafínico que, en términos de composición química y propiedades de rendimiento, es notablemente similar al diésel fósil ULSD. La fórmula química general del diésel HVO es $C_n H_{2n+2}$, la misma que la de los hidrocarburos parafínicos de cadena lineal o alcanos.

Las refinerías de hidrotratamiento existentes pueden adaptarse para procesar HVO, lo que facilita su integración en la infraestructura actual. **El hidrógeno se usa para eliminar el oxígeno de los triglicéridos y no se genera glicerol como producto secundario.** No se necesitan productos químicos adicionales, como el metanol en la producción de los FAME. La hidrogenación elimina todo el oxígeno de los aceites vegetales, mientras que la esterificación no lo hace. El producto resultante es una parafina[3] que se puede utilizar como combustible.

Ventajas del HVO en su paso hacia la sostenibilidad

El HVO presenta una serie de ventajas significativas que lo posicionan como un actor clave en la transición energética:

- **Reducción drástica de emisiones.** Una de las principales fortalezas es su capacidad para reducir las emisiones de GEI a lo largo de su ciclo de vida, hasta en un 90% en comparación con el ULSD. Al no contener azufre ni aromáticos, su combustión es más limpia, lo que se traduce en una reducción de las emisiones de óxidos de azufre (SOx) y material particulado (PM), contribuyendo a un aire más limpio, especialmente en áreas urbanas.

• **Rendimiento superior.** Exhibe características de rendimiento mejoradas en comparación con el biodiésel convencional. Posee un número de cetano[4] significativamente más alto (>70), lo que se traduce en una ignición más fácil y combustión más eficiente en el motor. Sus excelentes propiedades a bajas temperaturas, con un punto de enturbiamiento[5] inferior a -40 °C, aseguran un arranque fiable del motor y rendimiento consistente incluso en climas fríos, evitando problemas de gelificación o formación de cera.

• **Compatibilidad y facilidad de implementación.** Su naturaleza "drop-in", significa que se puede utilizar directamente en los motores diésel existentes sin necesidad de modificaciones. Esta compatibilidad con la infraestructura y las flotas de vehículos actuales simplifica enormemente la transición desde los combustibles fósiles.

• **Versatilidad.** Se puede utilizar en su forma pura (HVO100) o mezclado con ULSD en diversas proporciones, lo que permite un uso flexible según las necesidades y los entornos regulatorios. También es adecuado para una amplia gama de aplicaciones, desde vehículos de pasajeros y transporte pesado hasta maquinaria todoterreno y generadores diésel.

• **Estabilidad de almacenamiento.** La ausencia de grupos oxigenados, a diferencia del biodiésel, previene problemas de oxidación y degradación con el tiempo. Esto lo convierte en una opción más fiable para el almacenamiento a largo plazo y su uso en diversas cadenas de suministro de combustible.

Desafíos y necesidad de Hidrógeno de Bajas Emisiones

A pesar de sus múltiples ventajas, el HVO enfrenta desafíos que se destacan en esta sección y que deben abordarse para su adopción a gran escala:

• **Costos de producción.** El proceso de hidrogenación, aunque efectivo, es intensivo en energía y requiere infraestructura avanzada, lo que hace que el HVO sea actualmente más costoso que el diésel regular. El hidrógeno utilizado en el proceso de hidrotratamiento es un insumo crucial y debe ser de bajas emisiones para que el HVO constituya verdaderamente una solución de cero emisiones netas[6] .

• **Disponibilidad y precio de la materia prima.** La producción de HVO depende en gran medida de la disponibilidad de materias primas como aceites vegetales no comestibles, grasas animales y aceites de cocina usados. La volatilidad en los precios y la limitada oferta de estas materias primas son un desafío. Si bien el HVO utiliza principalmente residuos, lo que lo clasifica como un biocombustible de segunda generación, el suministro de materias primas secundarias a menudo es insuficiente para satisfacer la creciente demanda, lo que representa una posible limitación. La diversificación de las materias primas hacia fuentes más sostenibles y abundantes es vital.

• **Integración en refinerías y corrosión.** La producción de HVO se lleva a cabo utilizando hidrotratadores de refinería. Sin embargo, la introducción de biomaterial en los hidrotratadores de diésel tiene implicaciones y riesgos potenciales, como la corrosión, el alto consumo de hidrógeno y la desactivación del catalizador. La corrosión puede ocurrir debido a los ácidos grasos libres y los cloruros presentes en las materias primas, así como a la formación de ácido carbónico. Si bien el HVO se puede producir utilizando la infraestructura de refinería existente, se requieren modificaciones y una gestión cuidadosa de la calidad de la materia prima para mitigar posibles problemas.

La dependencia del hidrógeno en el proceso de producción de HVO subraya la importancia de garantizar que este hidrógeno provenga de fuentes sostenibles, ya que el proceso de hidrogenación es lo que confiere al HVO sus propiedades de combustión limpia al eliminar impurezas. Si el hidrógeno utilizado en este proceso se produce utilizando combustibles fósiles sin mecanismos de captura de carbono, gran parte del beneficio ambiental del HVO se diluye. Por lo tanto, la inversión y el desarrollo de la producción de hidrógeno verde y azul son fundamentales para la viabilidad a largo plazo del HVO como solución verdaderamente limpia.

1 Los biocombustibles de segunda generación son producidos a partir de biomasa no comestible, como residuos agrícolas, forestales o industriales y a diferencia de los de primera generación no compiten con los cultivos alimentarios, ya que utilizan materiales orgánicos que no están destinados al consumo humano. 2 Transesterificación, es una reacción química en la cual un triéster de glicerol (triglicérido) reacciona con un alcohol (como metanol o etanol) para formar ésteres metílicos o etílicos y glicerol. 3 La parafina es una mezcla de hidrocarburos saturados, principalmente alcanos de cadenas largas, inodora e insoluble en agua. 4 El número de cetano es una medida de la capacidad de un combustible diésel para encenderse fácilmente en el motor. La escala de cetano va de 0 a 100 y mientras es más alto significa mejor calidad del combustible, que se traduce en mejor rendimiento del motor, mayor eficiencia y menor contaminación. 5 El punto de enturbiamiento del diésel es la temperatura a la que comienzan a formarse cristales de parafina en el combustible, lo que le da una apariencia turbia. Este punto es importante porque la cera puede obstruir los filtros y líneas de combustible, especialmente a bajas temperaturas, lo que puede afectar el rendimiento del motor. 6 El carbono liberado durante su combustión debe ser compensado por el carbono absorbido durante el crecimiento de los recursos utilizados en su producción.

México:
Techint invierte en hidrógeno turquesa

El hidrógeno turquesa se produce a partir de la pirólisis de metano. Se lo considera limpio porque no emite dióxido de carbono a la atmósfera, aunque su subproducto es el carbono sólido.

Tulum Energy nació del impulso de **TechEnergy Ventures** —el fondo de capital de riesgo corporativo de Tecpetrol— a partir de una tecnología desarrollada por Tenova, empresa líder en soluciones industriales e integrante del Grupo Techint. En 2022, ambas compañías establecieron una alianza estratégica que dio origen a esta nueva startup.

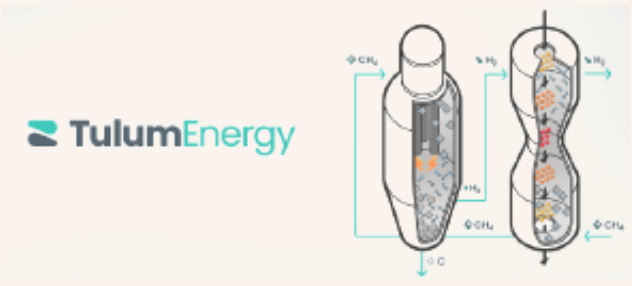
"**Ternium** es el socio estratégico ideal para albergar nuestras operaciones iniciales. **Tienen un interés directo en emplear tanto nuestro hidrógeno en la producción de hierro de reducción directa (DRI), como nuestro carbono sólido en otras aplicaciones industriales.** Lo más importante es que ellos poseen la infraestructura necesaria para escalar nuestra tecnología sin contratiempos", explicó **Massimiliano Pieri**, CEO de Tulum Energy.

Además, **la compañía lanzará la filial italiana de Tulum Energy,** con sede en Milán, que concentrará las actividades de investigación, desarrollo e ingeniería, tanto de la planta piloto como de las futuras instalaciones. Con esta nueva inversión, la empresa se posiciona para trabajar en la **descarbonización de sectores industriales intensivos,** como la producción de acero, ofreciendo una alternativa innovadora, escalable y eficiente.

"El corazón de nuestra innovación está en **cómo aprovechamos la tecnología comercialmente disponible de la industria siderúrgica para producir hidrógeno turquesa.** En esencia, estamos readaptando un horno de arco eléctrico como fuente de calor de alta temperatura para descomponer las moléculas de metano, generando hidrógeno limpio y carbono sólido de alto valor en vez de fundir hierro", detalló Pieri.

Con esta inversión, Tulum Energy da un paso decisivo hacia su consolidación como empresa independiente, reafirmando la eficacia del modelo de venture building de TechEnergy Ventures, diseñado para escalar soluciones tecnológicas con impacto global.

***Con información de TECPETROL**



H2

EN POCAS LÍNEAS

Proyecto de ley para impulsar el hidrógeno en Argentina

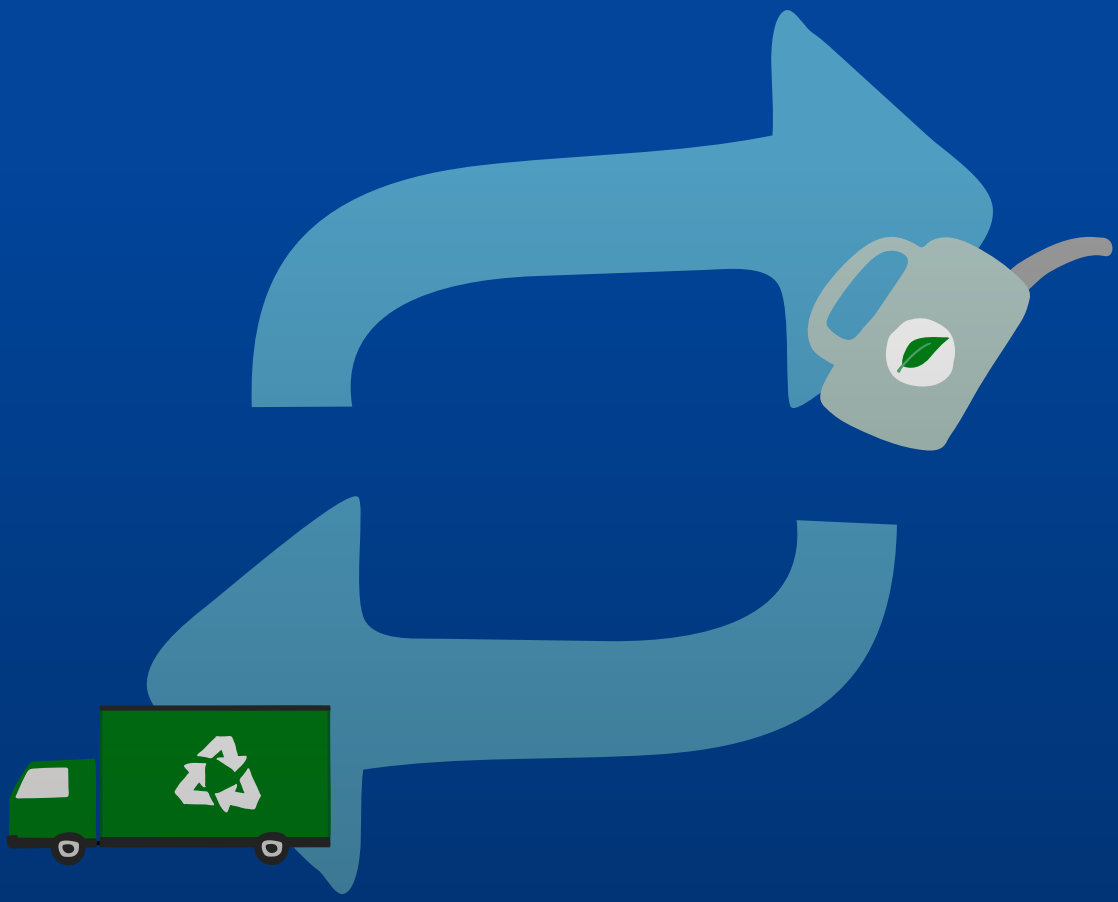
Lorena Villaverde y **Martín Maquieyra** presentaron un proyecto de Ley junto a otros diputados de distintas provincias que busca impulsar el desarrollo del hidrógeno de origen renovable y de bajas emisiones en Argentina.

El documento se titula: "Marco normativo para la promoción de inversiones para la industria del hidrógeno de origen renovable y el hidrógeno de bajas emisiones y sus derivados".

La iniciativa busca sentar las bases para una nueva industria con un marco legal claro, estabilidad tributaria por 30 años y herramientas concretas para atraer inversiones. El proyecto propone adaptar el RIGI a la realidad de este sector: extiende a 5 años el plazo para ingresar al régimen y a 3 años el cumplimiento del monto mínimo de inversión, contemplando los tiempos que requiere el desarrollo del hidrógeno. También incorpora un sistema de certificación internacional y declara de interés nacional las inversiones en el ámbito del hidrógeno.

LEÉ EL PROYECTO DE LEY EN ESTE LINK:
https://hidrogenoverdehoy.com.ar/proyecto-de-ley-para-impulsar-el-hidrogeno-en-argentina/

Hidrógeno verde y Supply Chain



POR:

Rodrigo Stacco

Magíster en Supply Chain por el Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA), Lic. Organización Industrial (UTN) y Docente Universitario en la Universidad Nacional del Sur (UNS). Con más de 15 años de experiencia en logística y planificación de Supply Chain en sectores industriales y energéticos.

¿Qué tienen en común el viento de la Patagonia, una celda electrolítica y un puerto de aguas profundas?

La respuesta podría estar en la nueva economía del hidrógeno verde (H_2V) que empieza a tomar forma en la Argentina. En un contexto global de transformación energética, el H_2V se posiciona como un vector estratégico para descarbonizar sectores intensivos en emisiones y ampliar las fronteras de desarrollo industrial sostenible. La Argentina, gracias a su dotación de recursos renovables, territorios disponibles y capacidad técnica, tiene una oportunidad única para consolidarse como actor relevante en esta nueva economía. Pero **el potencial no se transforma en realidad por sí solo: requiere visión, planificación y, sobre todo, diseño de una Supply Chain robusta, flexible y competitiva.**

El hidrógeno no es una fuente de energía, sino un portador. Su principal ventaja reside en su versatilidad: puede ser utilizado como combustible en movilidad, insumo industrial, almacenamiento energético o incluso exportado como producto o vector. Pero **no todo hidrógeno es igual.** Mientras el "gris" se obtiene a partir de combustibles fósiles (principalmente gas natural) con altas emisiones de CO2, el H_2V se produce mediante electrólisis del agua utilizando fuentes renovables.

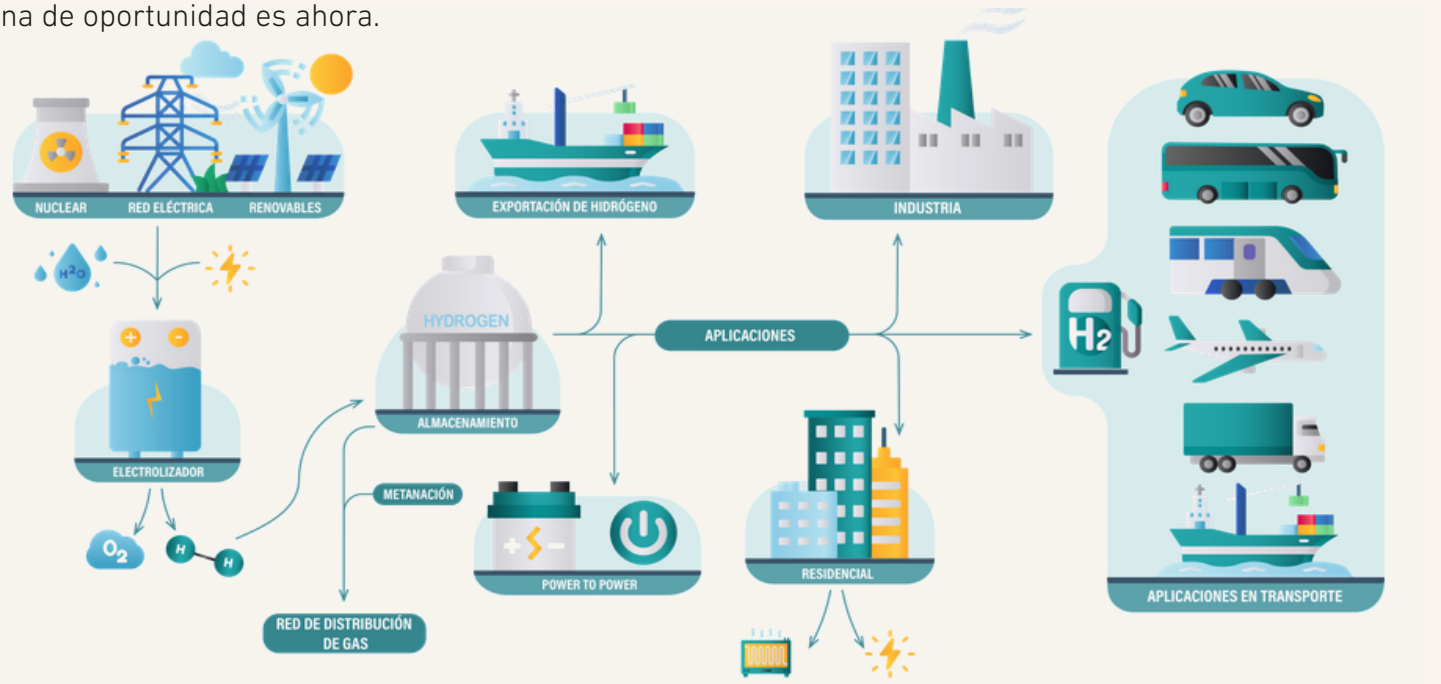
En el mundo, la producción de hidrógeno todavía está dominada por el gris (95%). Sin embargo, la urgencia climática y la presión regulatoria, y los Acuerdos de Paris, están acelerando la transición hacia versiones limpias. En Europa, Asia y América del Norte se multiplican los planes de estímulo, los marcos normativos y las inversiones. La ventana de oportunidad es ahora.

Argentina y el H_2V: ventajas comparativas y desafíos estructurales

Argentina posee condiciones naturales sobresalientes para la generación de energías renovables, la Patagonia y el sudoeste de la provincia de Bs. As. tienen uno de los mejores regímenes de viento del mundo, con **factores de capacidad que superan el 50%.** Esto permite proyectar costos de producción de H_2V entre los más bajos del planeta, según estudios del BID, IRENA y organismos locales.

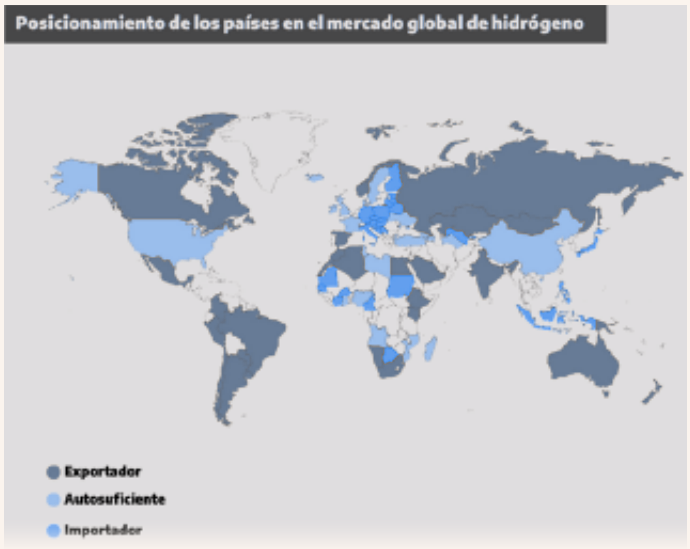
Pero las ventajas comparativas no se convierten automáticamente en ventajas competitivas. Para que el H_2V argentino sea viable a gran escala se requiere una cadena de suministro que conecte eficientemente la producción, transformación, almacenamiento, transporte, distribución y consumo o exportación del recurso.

Aquí es donde la disciplina del Supply Chain Management aporta una visión estratégica: entender el H_2V no sólo como un vector energético, sino como un producto con múltiples flujos, actores, tecnologías e incertidumbres. El diseño de una Supply Chain para H_2V implica múltiples capas. En primer lugar, hay que seleccionar localizaciones óptimas para la generación renovable y para la instalación de electrolizadores. Esto debe considerar la cercanía a fuentes de agua, accesibilidad logística, disponibilidad de tierras y óptimas condiciones sociales/ambientales. Luego, entran en juego las tecnologías de compresión, licuefacción o conversión a derivados como amoníaco o metanol, que faciliten su almacenamiento y transporte.



La infraestructura necesaria es **considerable y aún incipiente** en Argentina y es hoy una de las principales barreras estructurales al desarrollo del sector y en la cual el país debe fomentar en combinación con otros proyectos energéticos.

Por otra parte, **se requiere establecer, marcos normativos, certificación de origen renovable, y acuerdos comerciales internacionales,** especialmente con Europa y Asia. Esto dependerá de la capacidad Argentina para demostrar la sustentabilidad del H_2V exportado, la huella de carbono de la cadena logística, y los estándares de producción, los cuales serán condiciones de entrada a estos mercados, con lo cual se requiere avanzar en sistemas de certificación robustos, confiables y alineados con exigencias globales. **Hoy, países como Alemania o Japón ya están buscando proveedores confiables y sostenibles de largo plazo**, y tienen programas de cooperación activos, y acceso a financiamiento verde.



El rol del Estado, las empresas y las universidades

El desarrollo de una Supply Chain de hidrógeno verde no puede quedar librado exclusivamente al mercado. Requiere coordinación público-privada, planificación de largo plazo y políticas industriales activas. El Estado tiene un rol ineludible en el diseño de infraestructura habilitante (energética, portuaria, vial), en la simplificación regulatoria, en la atracción de inversiones y en el fomento de capacidades tecnológicas locales.

A su vez, las empresas energéticas, logísticas e industriales deben prepararse para integrar esta nueva cadena de valor con **estándares internacionales y mentalidad colaborativa.** Las universidades, por su parte, debe profundizar la investigación aplicada, formar perfiles profesionales adecuados y participar en el diseño de escenarios estratégicos. En ese sentido, va a ser fundamental la creación de un **Observatorio Nacional de la Cadena de Suministro del H_2V,** que permita integrar datos, modelar alternativas y asistir a la toma de decisiones con base técnica.

Argentina tiene una ventana de oportunidad única para posicionarse en la economía del hidrógeno. Pero no alcanza con tener recursos, hay que saber organizarlos. **El diseño de una Supply Chain eficiente, sostenible y resiliente es clave para transformar un potencial teórico en una realidad concreta.**

El H_2V no es solo un proyecto energético, debe ser considerado un **Proyecto de País.** Un país que planifica, que coordina, que exporta valor agregado y que mira el futuro con responsabilidad ambiental y sentido estratégico, es decir una **Argentina que exporta futuro.**

Hidrógeno Verde Hoy

PARA UN MUNDO DEL MISMO COLOR

HVH