



10 preguntas para entender el hidrógeno y por qué es una oportunidad para el estado de Puebla



**Gobierno
de Puebla**
Hacer historia. Hacer futuro.



**Agencia de Energía
del Estado de Puebla**



Índice

	Presentación	3
1.	¿Qué es el hidrógeno?	5
2.	¿Por qué es importante el hidrógeno?	7
3.	¿Cómo se produce el hidrógeno?	9
4.	¿Qué aplicaciones tiene el hidrógeno?	11
5.	¿El hidrógeno es peligroso?	14
6.	¿Alguien ya usa hidrógeno en el mundo?	15
7.	¿Puebla podría producir hidrógeno?	16
8.	¿Se requiere de una infraestructura completamente nueva para aprovechar el hidrógeno en Puebla?	17
9.	¿Por qué Puebla podría ser el pionero del hidrógeno en México?	18
10.	¿Cómo podría beneficiarse Puebla de adoptar tecnologías de hidrógeno?	22

Presentación

Cada año se liberan a la atmósfera miles de millones de toneladas de CO₂ como resultado de la producción de carbón, petróleo y gas. Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)¹, los niveles atmosféricos actuales de dióxido de carbono no habían sido tan altos en al menos dos millones de años. Además, su reporte más reciente considera que es muy probable que la última década sea la más calurosa del planeta en 125 mil años.

El aumento de la temperatura y del nivel del mar, así como otros efectos del cambio climático, se intensifican de forma acelerada con el tiempo. Esto ha hecho reconsiderar a la comunidad internacional sobre la efectividad de las acciones realizadas hasta ahora para la reducción de emisiones de carbono. La Agencia Internacional de Energía (IEA)² en su reporte Net Zero by 2050, mencionó que la reducción de la producción y uso de los hidrocarburos es más que necesaria.

Bajo este contexto, el uso de tecnologías alternativas y la innovación han sido de gran relevancia para adoptar nuevas formas de generar energía, así como para reemplazar a los hidrocarburos como materia prima. Entre ellas, el hidrógeno en los últimos años ha figurado como un aliado de la transición energética para descarbonizar a las industrias más contaminantes. Diversos países han publicado estrategias y rutas para su aplicación, siendo importantes referencias para México.

1 Órgano internacional encargado de evaluar los conocimientos científicos relativos al cambio climático, establecido en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

2 Organización internacional creada por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), que busca coordinar las políticas energéticas de sus Estados miembros, con la finalidad de asegurar energía confiable, adquirible y limpia a sus respectivos habitantes.

En ese sentido, la Agencia de Energía del Estado de Puebla (AEEP) en colaboración con Hincio Consultoría, publica el presente documento como un esfuerzo para promover investigación sobre el hidrógeno. En su contenido se desarrollan conceptos básicos que pueden ser considerados en el proceso de elaboración de políticas públicas para el aprovechamiento del hidrógeno, esperando que sea de utilidad para la administración pública estatal y federal.

Como resultado del análisis y compilación de los datos más relevantes de esta tecnología, y teniendo como objetivo detonar al hidrógeno desde una perspectiva local, en el presente se identifica su potencial en el estado de Puebla, así como los beneficios que generará en materia de desarrollo económico, social y ambiental.

Al respecto, se concluye que Puebla podría ser el estado pionero del hidrógeno en México. Para ello, se requerirá la colaboración y el compromiso de gobierno, iniciativa privada y academia, por lo que finalmente la publicación de este documento pretende abrir un diálogo con las y los actores de estos sectores para el desarrollo del hidrógeno, siendo este una tecnología esencial para el bienestar energético del país.

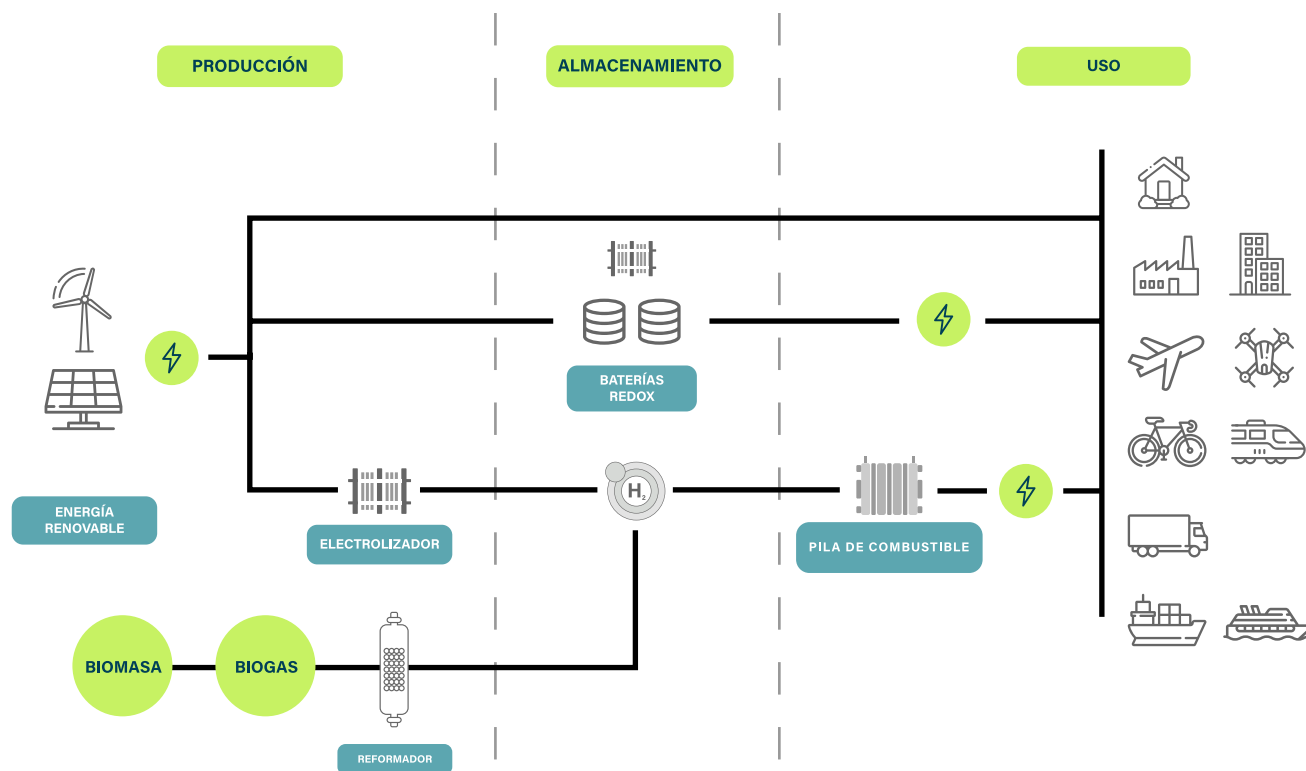
1

¿Qué es el hidrógeno?

Cada vez es más común encontrar notas de divulgación científica y de desarrollo de proyectos de aprovechamiento energético del hidrógeno, pero ¿qué es y cómo funciona?

El hidrógeno es un elemento químico en la naturaleza que, en condiciones ambientales, se presenta como un gas ligero, incoloro e inodoro. Está presente en casi todas las cosas, por ejemplo, en sustancias como los hidrocarburos, las grasas y el agua.

Se puede producir a partir del agua mediante un proceso llamado “electrólisis” en el que una corriente eléctrica separa las moléculas de agua en sus componentes principales: hidrógeno y oxígeno. Además, puede ser aprovechado ya sea como una fuente de energía o como un insumo químico renovable para la industria.



Elaboración propia con información de Hycco, 2020.



El hidrógeno es:

- El elemento químico más liviano y abundante del universo. Es un gas incoloro e inodoro bajo condiciones atmosféricas.
- Un vector o un portador energético: el hidrógeno permite almacenar y gestionar la energía eléctrica para ser aprovechada cuando el recurso renovable (sol, viento, etc) no está disponible. La energía de hidrógeno puede aprovecharse convirtiendo el gas en energía eléctrica o a través de la combustión.
- Es un vehículo de descarbonización: el hidrógeno renovable permitirá descarbonizar procesos industriales que serían difíciles de electrificar con baterías, como los camiones mineros y reemplazar al hidrógeno proveniente de fuentes fósiles para procesos industriales que ya lo consumen, como la producción de amoníaco o de grasas alimenticias, como las margarinas.



El hidrógeno no es:

- Una fuente primaria de energía: en la tierra no se encuentra a este gas disuelto en el aire y su existencia en yacimientos bajo tierra no está probada. El hidrógeno debe producirse a partir de recursos y fuentes de energía primarias como el sol, el viento, el agua o combustibles fósiles.
- Una sustancia peligrosa: los procesos de aprovechamiento de hidrógeno ocurren mediante reacciones químicas de baja temperatura (nunca de tipo nuclear) o en sistemas de combustión altamente controlados y seguros.
- La única solución para la descarbonización del mundo: las tecnologías de hidrógeno tienen ventajas y desventajas frente a otras tecnologías limpias por lo que el futuro presentará un amplio menú de opciones para reemplazar los combustibles fósiles en los diferentes sectores industriales y de consumo de energía.



2

¿Por qué es importante el hidrógeno?

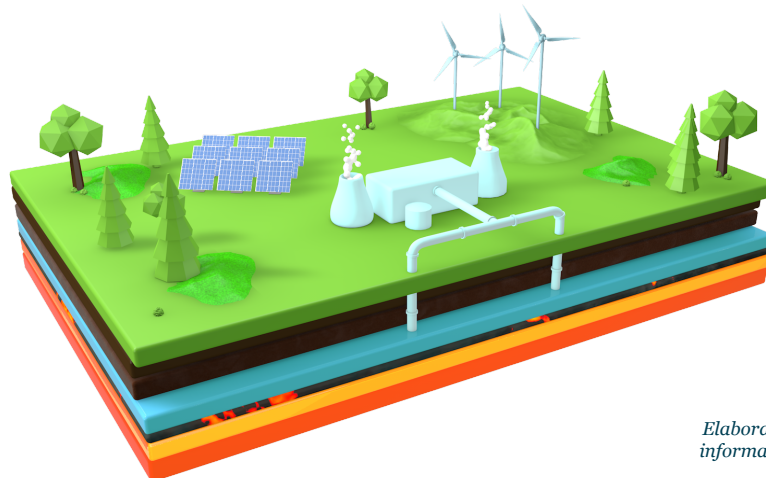
El hidrógeno se ha convertido en un tema central en las agendas energéticas de la comunidad internacional, especialmente en países como Chile, Canadá, España, Corea del Sur, Japón y Alemania, debido a que se posiciona como un vector energético que permitirá:

- Integrar sectores: el hidrógeno verde permitirá aprovechar la energía renovable en procesos altamente demandantes de energía. Al ser una sustancia con alta densidad energética en masa, permitirá concentrar la energía de grandes parques eólicos o fotovoltaicos en un gas químico comprimido que podrá transportarse y usarse en procesos industriales como la extracción minera, la producción de cemento y acero, la movilidad de carga, la generación de calor industrial o la producción de energía eléctrica y calor para edificaciones residenciales.
- Descarbonizar el transporte pesado: el hidrógeno complementará a las tecnologías de baterías para la descarbonización del transporte, especialmente en los segmentos de uso intensivo donde se requieren autonomías altas, disponibilidad máxima de los vehículos y una alta entrega de energía. El hidrógeno provee a los vehículos de una autonomía y disponibilidad para el uso similar a los vehículos de combustión interna, pero con un tren motriz eléctrico y libre de emisiones. Se prevé que los vehículos a hidrógeno tengan una alta penetración en los segmentos de carga pesada, vehículos mineros, autobuses de larga distancia y embarcaciones.

- Proveer energía a un amplio rango de aplicaciones: el hidrógeno es un combustible versátil cuyas tecnologías son modulares, por lo que se pueden utilizar en aplicaciones de baja demanda de energía como una casa (pocos kW de potencia) hasta en aplicaciones que demanden órdenes de magnitud mayores de energía, como la minería y la producción de calor industrial (varios MW de potencia).

- Descarbonizar el hidrógeno que actualmente consume el mundo: Desde finales del siglo XIX el hidrógeno se ha consumido en el mundo como una materia prima para la producción de grasas hidrogenadas, resinas, ácidos, amoníaco, entre otras sustancias. Este hidrógeno representó, en 2019, un volumen de 70 millones de toneladas en el mundo, de las cuales, 95% fueron producidas a través de reformado de gas metano o gasificación de carbón, lo cual representó la emisión de más de 590 millones de toneladas de CO₂. Producir hidrógeno a partir de electrólisis representa una oportunidad de reducir esas emisiones asociadas al consumo industrial de hidrógeno.

- Rediseñar los mercados energéticos: el hidrógeno puede producirse a partir de los recursos renovables que cada país tenga (geotermia, energía hidráulica, sol o viento) y es un gas que puede ser fácilmente comprimido y licuado para su transportación. Lo anterior representa una oportunidad para generar un mercado internacional de energía renovable en forma de hidrógeno donde los roles mundiales podrían cambiar y países que eran típicamente importadores de combustibles fósiles podrían volverse exportadores de gas hidrógeno, como sería el caso de Chile.



Elaboración propia con información de la AEEP

3

¿Cómo se produce el hidrógeno?

El hidrógeno se puede obtener de múltiples sustancias que lo contienen a través de diferentes métodos. Algunas de las formas más comunes son:

- **Reformado con vapor:** Se utiliza gas natural o petróleo como insumos. Cuando se usa gas natural, este se hace reaccionar con vapor de agua en reactores catalíticos para descomponerlo en hidrógeno y dióxido de carbono. 48% del hidrógeno mundial se produce de este modo.

Algunos procesos de refinación de crudo incluyen el reformado de naftas (producto intermedio de refinación). De estas reacciones también se obtienen cantidades importantes de hidrógeno, las cuales contribuyen al 30% de la producción del hidrógeno mundial.

- **Gasificación:** Con una contribución mundial de menos del 20%, el carbón también es una fuente de hidrógeno cuando se hace reaccionar con oxígeno y vapor de agua.

Tanto los métodos de reformado como la gasificación producen CO₂, por lo que al hidrógeno producido se le conoce como “hidrógeno gris”. Cuando estos métodos incluyen técnicas de captura y secuestro de carbono se produce “hidrógeno azul”.

- **Electrólisis:** Este método utiliza energía eléctrica para romper moléculas de agua en hidrógeno y oxígeno. La electrólisis en la actualidad contribuye solamente con el 5% de la producción mundial de hidrógeno, pero debido a sus ventajas ambientales, es el método que se vislumbra como la opción más apropiada para la descarbonización de la producción de hidrógeno.

• **Otros métodos:** Existen métodos menos maduros tecnológicamente pero que en los siguientes años podrían tener avances muy significativos. Algunos ejemplos son la pirólisis (reacción térmica de la biomasa para producir hidrógeno y carbón sólido), los métodos biológicos (que utilizan bacterias para descomponer materia orgánica y producir hidrógeno) o la fotólisis (descomposición catalítica del agua utilizando la luz solar directamente).

El hidrógeno producido mediante pirólisis está catalogado como “hidrógeno turqués” nombrado así por primera vez en la Estrategia Nacional del Hidrógeno de Alemania 2020, mientras que al hidrógeno producido por electrólisis a partir de energía nuclear se le conoce como “hidrógeno rosa”.

Tipos de Hidrógeno a partir de su método de producción



Se obtiene a través de la electrólisis del agua. No genera CO₂



Producido con calor (pirólisis) para dividir el gas fósil



Se produce a partir de combustibles fósiles y se almacena el CO₂ generado



Fabricado a partir de lignito



Elaborado a base de electricidad y calor de reactores nucleares
(no hay un consenso con el nombre)



Se produce a partir de combustibles fósiles



Generado a base de carbón

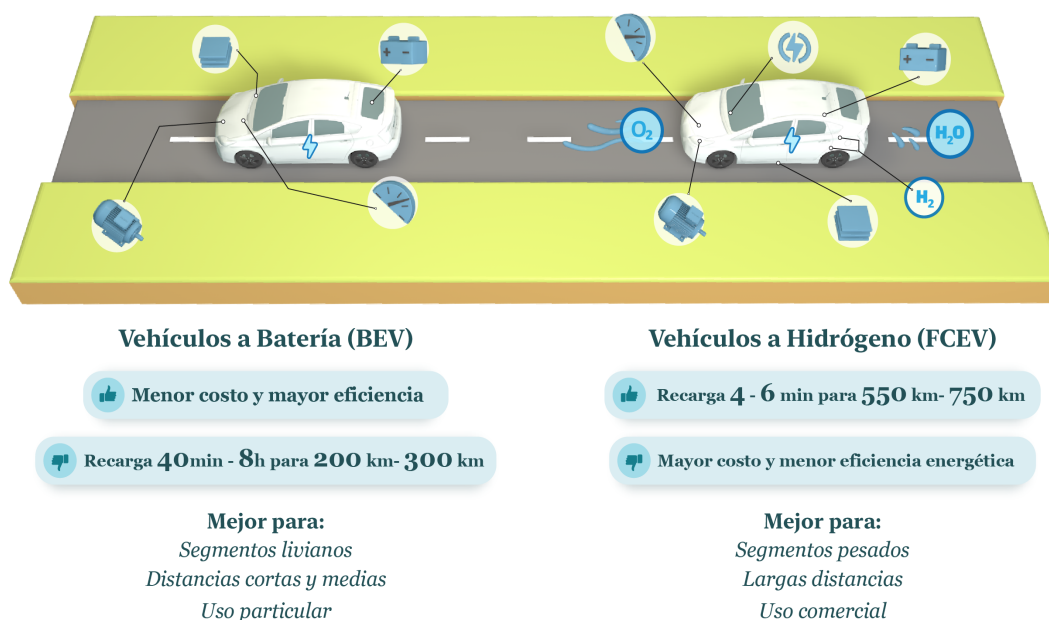
4

¿Qué aplicaciones tiene el hidrógeno?

El hidrógeno tiene usos tradicionales que se mantendrán, al mismo tiempo que se espera aumentos en su demanda mundial debido al crecimiento natural de esas industrias. Sin embargo, el Hydrogen Council³ estima que para 2050, más del 75% de la demanda mundial de hidrógeno podría deberse a las nuevas aplicaciones de esta sustancia. Estas nuevas aplicaciones incluyen:

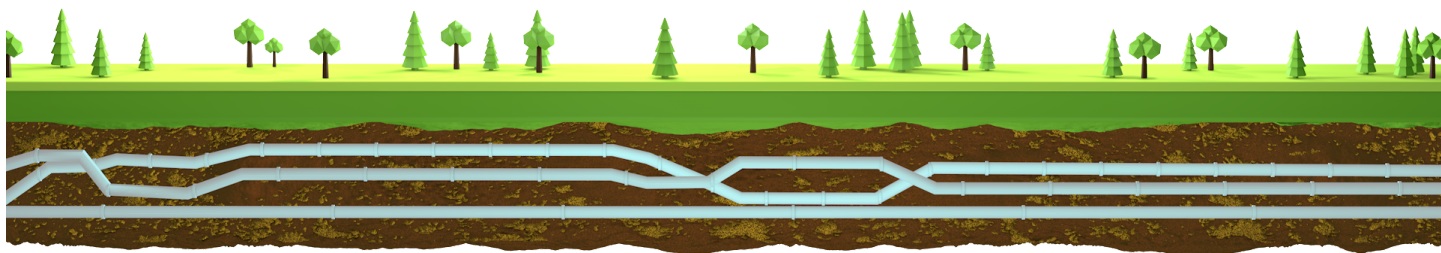
a) Almacenamiento de energía: La energía solar fotovoltaica o eólica puede usarse para generar hidrógeno para ser guardado en tanques (volúmenes bajos a medios) o incluso en reservorios bajo tierra (altos volúmenes). Cuando el recurso renovable no esté disponible debido a la hora del día o a la estación del año, el hidrógeno puede reconvertirse en energía eléctrica a través de celdas de combustible o turbinas de hidrógeno.

b) Movilidad eléctrica: Los vehículos de celda de combustible de hidrógeno (FCEV) son vehículos eléctricos. Dentro del auto, el hidrógeno es convertido en electricidad y esta electricidad hace que un tren motriz eléctrico mueva el vehículo.



Elaboración propia con base en imágenes de Hincio S.A.

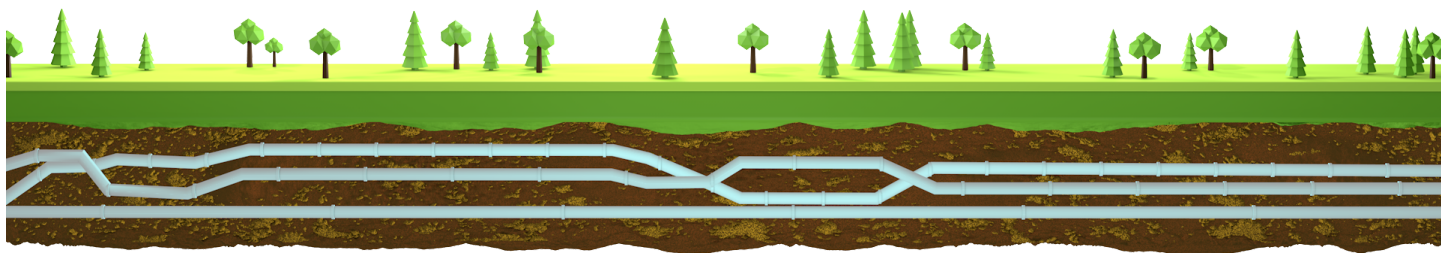
³ El Hydrogen Council es una iniciativa global de empresas líderes en energía, transporte e industria con una visión unificada y una ambición a largo plazo para que el hidrógeno fomente la transición energética.



c) Producción de “químicos verdes”: Hoy en día, muchas industrias consumen hidrógeno en sus procesos. Algunos ejemplos son la industria del amoníaco, metanol, resinas y de las grasas alimenticias, como la margarina. El reemplazo de hidrógeno₂ fósil por hidrógeno renovable permitirá producir sustancias con un menor impacto ambiental, además, mientras más competitivo sea económicamente el hidrógeno verde, nuevas aplicaciones se desarrollarán. Por ejemplo, la reducción de hierro, un proceso de purificación del mineral de hierro para la producción de acero que actualmente produce entre 1.8 y 2 toneladas de CO₂ por tonelada de acero producido.

d) Inyección de H₂ en gasoductos: Una de las formas en que se puede aprovechar el hidrógeno verde es mediante su inyección en gasoductos. A pesar de que el gas natural y el H₂ son sustancias con diferente densidad y poder calorífico, pueden ser mezcladas en proporciones que van de 1 a 20% en volumen de hidrógeno y esta mezcla puede ser consumida directamente por equipos industriales como hornos, turbinas y calderas, y por equipos domésticos como estufas y calentadores residenciales, reduciendo hasta en un 10% la huella de carbono del gas.

e) Producción de calor industrial: El hidrógeno es un gas que puede ser combustionado en quemadores abiertos o en cámaras de combustión interna. Su combustión produce vapor de agua como producto principal. Debido a las altas temperaturas a las que esta reacción ocurre, también hay producción de NO_x. Sin embargo, actualmente se desarrollan tecnologías para reducir la generación de este contaminante y permitir que el hidrógeno gane terreno en aplicaciones térmicas.



Adicionalmente, cuando el hidrógeno se usa para producir electricidad en celdas de combustible, estas también producen calor, por lo que la cogeneración calor-electricidad con hidrógeno es una alternativa de sistema energético con una eficiencia de hasta 90%.

f) Edificaciones residenciales: En el sector residencial, las celdas de combustible de baja temperatura ofrecen una opción de generación de calor (60-70°C) y energía eléctrica (desde pocos kW hasta MW). El país líder en adopción de este tipo de sistemas es Japón, con más de 300 mil unidades instaladas.

g) Producción de combustibles sintéticos: El hidrógeno combinado con el CO₂ capturado en procesos industriales, o incluso del aire, puede producir combustibles sintéticos: ya sea gaseosos como el metano o líquidos como el diésel y el queroseno. Las técnicas de síntesis de estos combustibles aún producen moléculas más caras que las fuentes fósiles, pero se prevé su competitividad económica antes de 2040, lo cual ofrece una alternativa de descarbonización a sectores donde el hidrógeno como combustible puro podría tener complicaciones técnicas, como la aviación.

5

¿El hidrógeno es peligroso?

El hidrógeno no es peligroso. Es una sustancia que, por sus características energéticas, debe manejarse con precaución, de forma idéntica a los combustibles fósiles. La industria del petróleo y gas, la del amoníaco y otras, lo han manejado con éxito durante los últimos 80 años y se cuentan con normas y estándares técnicos robustos para su uso. El hidrógeno es un gas peculiar, ya que es la sustancia con mayor densidad energética por kilogramo, sin embargo, es sumamente ligero: 14 veces más que el aire a presión atmosférica.

Lo anterior hace que el hidrógeno deba almacenarse, transportarse y disponerse a aplicaciones como los vehículos en forma comprimida: desde las 200 hasta las 700 atmósferas de presión⁴. Esto ha provocado la necesidad de generar materiales nuevos y de muy alta resistencia que actualmente permiten el manejo seguro de este gas.

Cuando se habla de la movilidad del hidrógeno, una de las preguntas más frecuentes es cómo se comportará un vehículo de celda de combustible en un accidente. Para ello, se han diseñado los vehículos para proteger a los tanques de hidrógeno de impactos y, aún en el caso de que estos se vieran dañados, la ligereza del gas hará que este fugue inmediatamente a la atmósfera en dirección vertical, en vez de regarse y provocar un incendio extendido, como los combustibles líquidos.



Elaboración propia con base en imágenes de University of Miami, 2001

⁴ Una atmósfera es una unidad de medición de la presión de líquidos y gases y es equivalente a la presión que ejerce el aire de la atmósfera sobre la superficie terrestre a nivel del mar. Una atmósfera equivale a 14.7 libras de presión.

6

¿Alguien ya usa hidrógeno en el mundo?

Actualmente, el mundo consume más de 120 millones de toneladas de hidrógeno (puro y en mezcla con otros gases) para la refinación de petróleo, producción de amoníaco, síntesis de sustancias como el metanol, el ácido clorhídrico, refrigerantes o para generar atmósferas químicas para la fabricación de superconductores o vidrio plano. Este volumen de hidrógeno representa el 4% del consumo final de energía del mundo en 2019. No obstante, organizaciones como el Hydrogen Council estiman que hacia 2050 este valor podría aumentar hasta más de 600 millones de toneladas, las cuales podrían representar hasta el 18% de la demanda mundial de energía en ese año.

El crecimiento en la demanda mundial de hidrógeno se deberá en parte al aumento en la demanda de sus aplicaciones tradicionales, como materia prima en procesos de refinación de crudo, síntesis de amoníaco, producción de vidrio, hidrogenación de grasas alimenticias, producción de resinas sintéticas, gas en aplicaciones analíticas como la cromatografía, etc (20-30%). Sin embargo, serán las nuevas aplicaciones del hidrógeno las que causarán este aumento. La movilidad, por ejemplo, podría consumir hasta 185 millones de toneladas de hidrógeno en 2050, mientras que la generación eléctrica podría consumir 75 millones de toneladas y la energía industrial, 134 millones de toneladas.

¿Puebla podría producir hidrógeno?

Puebla es un estado con un alto potencial de producción de hidrógeno verde. De acuerdo con estudios realizados por la Agencia de Energía del Estado Puebla, el estado cuenta con un potencial máximo de generación fotovoltaica de 400 mil GWh/año, más 102 mil GWh/años adicionales de energía eólica. Esto podría resultar en un potencial máximo de producción de hidrógeno de 9850 k-toneladas/año.

Para poner en contexto el volumen de potencial de producción de hidrógeno de Puebla, 9850 k-toneladas de H₂/año equivalen a:

Volumen de Potencial de Producción de Hidrógeno de Puebla



Aunque el potencial máximo es un valor teórico difícil de alcanzar, el estado de Puebla cuenta ya con avances en el despliegue de infraestructura para la producción de energía renovable con la que podría arrancar proyectos piloto y demostrativos. Con 593 MW de capacidad instalada de generación eléctrica renovable y proyectos en desarrollo por 1389 MW adicionales, Puebla podría comenzar con la adopción de tecnologías de hidrógeno para mitigar las intermitencias de sus plantas de generación eólicas y fotovoltaicas, así como con el desarrollo de proyectos piloto de movilidad, inyección de hidrógeno a gasoductos o de consumo industrial de hidrógeno.

8

¿Se requiere de una infraestructura completamente nueva para aprovechar el hidrógeno en Puebla?

Si bien es necesario generar la infraestructura de producción de energía renovable y de electrólisis que produce el hidrógeno verde, es de gran importancia que los países o regiones en vías de adopción de tecnologías de hidrógeno cuenten con una infraestructura energética robusta de redes de transmisión y distribución, gasoductos, centrales térmicas con turbinas tolerantes a hidrógeno, entre otras.

Puebla posee infraestructura energética. Actualmente cuenta con 10 centrales de generación de energía renovable, 18 centrales de generación eléctrica convencionales, 1200 km de líneas de transmisión eléctrica que podrían transportar la energía eléctrica hasta el punto de consumo por los electrolizadores y 400 km de gasoductos que podrían recibir volúmenes de entre 1 y 10% de hidrógeno, respecto al volumen de gas natural transportado.



Plantas eólicas



Planta geotérmica



Líneas de transmisión



Gasoductos



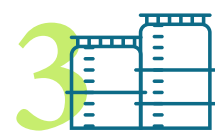
Centrales de bioenergía



Parque solar



Plantas hidroeléctricas



Terminales de almacenamiento



Complejo petroquímico de Pémex



Poliductos

9

¿Por qué Puebla podría ser el pionero del hidrógeno en México?

Actualmente, en México existe un mercado de hidrógeno de aproximadamente 2700 toneladas anuales, las cuales se comercializan entre las empresas de gases industriales y consumidores que en su mayoría usan el gas como materia prima.

Por su parte, Puebla cuenta con características que lo posicionan como un candidato para ser pionero en el hidrógeno verde en México. Algunas de ellas son:

- *Alto potencial renovable*, así como con recursos hídricos: Estos son componentes esenciales para la producción de hidrógeno mediante electrólisis. Por mencionar un ejemplo, el municipio de Tepeyahualco, cuya población se ha dedicado principalmente a la agricultura, está siendo objetivo de grandes proyectos fotovoltaicos debido a la buena radiación solar sobre la zona y las bajas temperaturas que permiten el funcionamiento eficiente de los equipos eléctricos.

Observar página 20 para identificar los municipios con potencial renovable para el aprovechamiento del hidrógeno verde.

- *Infraestructura energética*: Centrales eléctricas renovables, subestaciones eléctricas, líneas de transmisión y gasoductos son algunos ejemplos de la infraestructura energética de Puebla que podría apuntalar el desarrollo del hidrógeno verde.
- *Objetivos sustentables*: Tanto el Programa Especial de Desarrollo Energético Sustentable y el Programa de Fomento al Desarrollo Energético Sustentable establecen como objetivo impulsar esquemas ambientalmente sostenibles en las actividades económicas para reducir el impacto al cambio climático y los contaminantes en el estado.

- *Demanda energética:* Puebla es un estado en constante crecimiento poblacional y económico, lo que se traduce en un aumento sostenido de la demanda energética. Con una demanda anual promedio de 7695 GWh, Puebla tiene una tasa de crecimiento anual del consumo energético del 4%. Esto, sumado a los objetivos sustentables del estado, representa una oportunidad de satisfacer las necesidades energéticas de este mediante tecnologías sustentables que permitan descarbonizar la economía de Puebla.

- *Logística:* Puebla se encuentra en la zona centro del país con amplias ventajas logísticas, colindando con el estado de Guerrero y el estado de Veracruz, el primero con puerto al Océano Pacífico y el segundo con entrada al Golfo de México. Puebla podría aprovechar esta condición de punto estratégico para la logística y distribución, para ser una central de producción y comercialización de hidrógeno para el territorio nacional o incluso, para mercados internacionales.

- *Aliados del sector público:* El Gobierno del Estado ha demostrado ser un aliado para el sector energético, a través de la creación de la Agencia de Energía del Estado de Puebla. Esta institución coadyuva para que los proyectos de inversión entren en operación en tiempo y forma, comprometiéndose a buscar minimizar los riesgos sociales, regulatorios o técnicos en su ejecución.

Desde su función como detonador del bienestar económico y social del estado de Puebla a través de la promoción y fomento a la inversión en el sector energético, la Agencia de Energía del Estado de Puebla podría participar proactivamente en la materialización de proyectos de inversión del sector en temas de hidrógeno.

Municipios con potencial renovable para el aprovechamiento del hidrógeno verde.

ENERGÍA EÓLICA:

Aprovechamiento del viento a través de los aerogeneradores, que con su movimiento generan energía.

- Acatlán
- Chignahuapan
- Libres
- Quimixtlán
- Tecamachalco
- Tehuacán
- Tepeaca
- Tepexi de Rodríguez

ENERGÍA GEOTÉRMICA:

Generación de energía eléctrica por aprovechamiento del calor del interior de la Tierra.

- Chignahuapan
- Izúcar de Matamoros
- Tehuacán
- Tepeaca
- Teziutlán

ENERGÍA SOLAR:

Transformación directa de la radiación solar a través de paneles fotovoltaicos.

- Acatzingo
- Chalchicomula de Sesma
- Chignahuapan
- Izúcar de Matamoros
- Libres
- Quimixtlán
- Tecamachalco
- Tehuacán
- Tepeaca
- Tepexi de Rodríguez

ENERGÍA BIOGAS:

Generación y aprovechamiento de gas proveniente de materia orgánica y residuos sólidos urbanos.

- Chiautzingo
- Chignahuapan
- Huauchinango
- Izúcar de Matamoros
- San Gregorio Atzompa
- San Pedro Cholula
- Tecamachalco
- Tehuacán
- Teziutlán
- Xicotepec

ENERGÍA HÍDRICA:

Generación de energía eléctrica a partir del agua en movimiento.

- Ahuacatlán
- San Felipe Tepatlán
- Teziutlán
- Tlapacoya
- Xochitlán de Vicente Suárez
- Zapotitlán de Méndez

Elaboración propia con información de la AEEP

10

¿Cómo podría beneficiarse Puebla de adoptar tecnologías de hidrógeno?

La adopción de tecnologías de hidrógeno, al igual que otras tecnologías renovables y amigables con el medio ambiente, vienen acompañadas de un número importante de co-beneficios. Algunos de los más importantes son:

- **Reducción de emisiones:** Dependiendo de la aplicación final del hidrógeno (movilidad, inyección a gasoductos, aplicaciones térmicas) y del combustible fósil al que desplace, el hidrógeno verde tiene un potencial de reducción de emisiones de entre 5 y hasta 9 kg de CO₂ por kg de H₂. Puebla cuenta con 35 mil vehículos prestando servicios de transporte público, de los cuales 7,700 corresponden a autobuses. El reemplazo del 10% de estos autobuses a vehículos de hidrógeno podría representar un ahorro de hasta 75 mil toneladas de CO₂ al año.
- **Desarrollo económico:** El hidrógeno creará nuevas cadenas de valor y fortalecerá algunas otras, entre las que se incluyen las de la minería, la industria metal mecánica, el transporte y los energéticos. Se estima que, globalmente, el tamaño del mercado del hidrógeno será de 2.5 billones de dólares en 2050. El desarrollo de cada región determinará su participación en el mercado.
- **Generación de fuentes de empleo:** Como consecuencia del desarrollo económico en torno al hidrógeno, se incrementará el empleo en algunos de los sectores económicos, se migrarán algunos roles y se crearán puestos que actualmente no existen. Se estima que por cada 100 MW de electrólisis instalada se pueden generar hasta 112 empleos directos y casi 100 empleos indirectos, mientras que por cada 100 mil vehículos de celda de combustible se pueden generar más de 800 empleos directos. Puebla, al ser un estado con capacidades industriales y talento humano en áreas como la fabricación automotriz, podría ser pionero en la formación de recursos humanos para las actividades que demande la adopción del hidrógeno en México.

- Seguridad energética: Puebla tiene el potencial no solo para auto satisfacer su demanda energética, sino también para ser un proveedor de energía renovable a estados vecinos como Tlaxcala, Veracruz y la Ciudad de México. Con un potencial renovable alto, disponibilidad de terrenos y cercanía geográfica, Puebla podría ser proveedor de hidrógeno para la Ciudad de México para aplicaciones como la movilidad pública y particular de la urbe.

- El estado de Puebla reúne las condiciones para ser un polo de desarrollo para las tecnologías de hidrógeno en México. Trabajando desde ahora en el desarrollo de proyectos piloto y estimulando la producción y adopción local de tecnologías de hidrógeno, Puebla podría convertirse en un “laboratorio del hidrógeno” para México, desde el cual se genere investigación, recursos humanos y experiencias que sirvan para la emisión de políticas públicas, normativas y regulación, a partir de los aprendizajes en campo y no solo desde la teoría.



10 preguntas para entender el hidrógeno y por qué es una oportunidad para el estado de Puebla