

“ESTRATEGIA ESPAÑOLA DEL HIDRÓGENO”

Autor: Dr. Carlos Ramírez Sánchez-Maroto. Doctor en Derecho y Sociedad, Derecho Ambiental por UDIMA año 2020, Abogado número 3111, de ICAM. Director General AFA-Andalucía, y Delegado territorial de ANEFA.

Fuentes: Estrategia de la UE para el hidrógeno, Plan Estratégico Europeo de Tecnología Energética, Plan Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030.

Resumen:

Las estrategias de la Unión para la integración del sistema energético y el apoyar la demanda de hidrógeno limpio. El Consejo Europeo haya respaldado el objetivo de una UE climáticamente neutra de aquí a 2050.

Se abre una etapa de revisión del Reglamento sobre las infraestructuras energéticas transeuropeas (Reglamento RTE-E) y las disposiciones de la UE sobre el mercado europeo del gas, en primer lugar la Directiva de la UE 2009/73/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre el gas, de tal manera que se posibilite un desarrollo dinámico de la economía del hidrógeno verde. El Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico con la Hoja de Ruta del Hidrógeno, busca la neutralidad climática y un sistema eléctrico 100% renovable no más tarde de 2050. Sin embargo, no existe un necesario Plan nacional del Hidrogeno. El documento, cuyo desarrollo está contemplado en el Plan Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030, incluye 60 medidas y fija objetivos nacionales hasta 2030 alineados con la Estrategia Europea del Hidrógeno.

Palabras clave: Sistema energético. Neutralidad climática. Pacto Verde Europeo. Electrolisis. Eficiencia energética. Hidrógeno gris, hidrógeno azul e hidrógeno verde. Hidrogeneras.

Índice:

1. **Hidrógeno. Visión en la Unión Europea en política energética**
 - 1.1. **Estrategia de la Unión Europea para la integración del sistema energético**
 - 1.2 **Estrategias de la Comisión y el Pacto Verde Europeo**

2. **Estrategia española del Hidrógeno**
 - 2.1. **Tipos de Hidrogeno como fuentes alternativas.**
 3. **Costes de Hidrógenos como combustibles alternativos**
 - 3.1. **El hidrógeno azul puede reducir la brecha del coste**
 - 3.2. **El precio del hidrógeno verde depende de las energías renovables**
 - 3.3. **El hidrógeno verde es el futuro y la continuación de la revolución fotovoltaica**
 4. **Países líderes con experiencias de éxito en hidrógeno**
-
1. **HIDRÓGENO. VISIÓN EN LA UNIÓN EUROPEA EN POLÍTICA ENERGÉTICA**

El pasado 8 de julio la Comisión Europea presentó su nueva y ambiciosa estrategia sobre el hidrógeno: "Impulsar una economía neutral en clima: una estrategia de la Unión Europea para la integración del sistema energético" así como el resumen ejecutivo "Una estrategia de hidrógeno para una Europa climáticamente neutral".

Para alcanzar el ambicioso objetivo de ser "climáticamente neutral" en 2050, la Comisión Europea pretende que el continente transforme su sistema energético, que de acuerdo con lo que dice la propia Comisión, produce el 75% de las emisiones de gases de efecto invernadero de la Unión Europea.

La UE aspira a ser climáticamente neutra en 2050. Hemos propuesto una Ley Europea del Clima que convierta este compromiso político en una obligación legal.

Para alcanzar este objetivo, será necesario actuar en todos los sectores de nuestra economía¹:

- invertir en tecnologías respetuosas con el medio ambiente
- apoyar a la industria para que innove
- desplegar sistemas de transporte público y privado más limpios, más baratos y más sanos
- descarbonizar el sector de la energía
- garantizar que los edificios sean más eficientes desde el punto de vista energético
- colaborar con socios internacionales para mejorar las normas medioambientales mundiales.

¹ [Un Pacto Verde Europeo. Esforzarnos por ser el primer continente climáticamente neutro.](#) Comisión Europea.

La UE también proporcionará apoyo financiero y asistencia técnica para ayudar a las personas, las empresas y las regiones más afectadas por la transición hacia la economía verde. Esto se denomina el Mecanismo para una Transición Justa².

1.1 Estrategia de la Unión Europea para la integración del sistema energético

Las estrategias de la Unión para la integración del sistema energético y el hidrógeno, tienen el objetivo de allanar el camino hacia un sector energético más eficiente e interconectado, impulsado por el doble objetivo de un planeta más limpio y una economía más fuerte.

La Comisión Europea también ha establecido la Alianza Europea de Hidrógeno Limpio, que pretende reunir a líderes de la industria, nacionales y regionales, así como al Banco Europeo de Inversiones, con el objetivo de desarrollar inversiones para ampliar la producción y apoyar la demanda de hidrógeno limpio en la Unión Europea.

En el Dictamen del CDR «Hacia una hoja de ruta para un hidrógeno limpio – Contribución de los entes locales y regionales a una Europa climáticamente neutra»³, que se aprobará en el pleno del 1 y 2 de julio en el marco de un debate de alto nivel sobre el Pacto Verde Europeo, se hace constar que el Consejo Europeo haya respaldado el objetivo de una UE climáticamente neutra de aquí a 2050 y que la propuesta de la Comisión Europea de una Ley Europea del Clima tenga por objeto consagrar este objetivo en la legislación de la UE⁴.

En este sentido recoge con gran satisfacción, que la Comisión haya presentado una estrategia de la UE para el hidrógeno que responde a lo solicitado en el presente Dictamen y acoge con satisfacción también que la propuesta revisada del marco financiero plurianual de la UE para el período 2021-2027, junto con su plan de reconstrucción, permita mejorar el desarrollo de una economía del hidrógeno limpio, y recuerda que el objetivo de la neutralidad climática implica una transformación completa del abastecimiento de electricidad y calor y, en particular, requiere profundos cambios en la industria y el transporte.

² [El Fondo de Transición Justa](#). Comisión Europea.

³ [Dictamen del Comité Europeo de las Regiones — Hacia una hoja de ruta para un hidrógeno limpio — Contribución de los entes locales y regionales a una Europa climáticamente neutra](#). DOUE C 324, 1 de octubre de 2020.

⁴ Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establece el marco para lograr la neutralidad climática y se modifica el Reglamento (UE) 2018/1999 («Ley del Clima Europea») [COM(2020) 80 final].

Recuerda el Dictamen del CDR que el hidrógeno limpio y los combustibles y materias primas sintéticos derivados serán esenciales para lograr este objetivo en el futuro y por consiguiente requieren ayudas específicas. A este respecto propone que la Comisión examine el potencial de producción de hidrógeno verde en la UE, y en las regiones vecinas (por ejemplo, Oriente Próximo y Norte de África), teniendo en cuenta en particular la competencia con el uso directo de electricidad procedente de energías renovables, ya que tener un conocimiento exhaustivo y detallado del potencial viable en los diferentes escenarios es un elemento fundamental para desarrollar una economía del hidrógeno verde en Europa; y recomienda a los Estados miembros que incluyan el fomento de una economía del hidrógeno verde en la actualización de sus planes nacionales de energía y clima en 2023, y desarrollen estrategias nacionales integradas de hidrógeno con medidas de aplicación en estrecha cooperación con todas las partes interesadas.

Así, los Estados miembros deben colaborar estrechamente con los entes locales y regionales o sus asociaciones nacionales y regionales, así como con la comunidad científica, al elaborar y aplicar estos proyectos; se recomienda que cada Estado miembro examine el potencial de producción de hidrógeno verde.

En relación a la Coordinación de la evolución del mercado, se solicita en el Dictamen a la Comisión que, en la estrategia de la UE para el hidrógeno anunciada, formule una visión a escala de la UE, en particular para el hidrógeno verde para 2030 y 2050, y elabore una perspectiva sobre las aplicaciones del hidrógeno verde, su penetración en el mercado y la promoción de nuevas innovaciones, teniendo en cuenta las recomendaciones del presente Dictamen.

Además, insta a la Comisión que, junto con la estrategia de la UE para el hidrógeno, presente una hoja de ruta integrada con medidas legislativas y no legislativas para el desarrollo de una economía europea del hidrógeno limpio y un mercado interior del hidrógeno orientado en particular al hidrógeno verde, basándose en las recomendaciones del presente Dictamen y del Foro Estratégico para Proyectos Importantes de Interés Común Europeo.

Considera en relación a la Legislación marco de apoyo y desarrollo de infraestructuras en el marco del Pacto Verde Europeo que la ampliación dinámica de las energías renovables en la generación de electricidad es esencial para el desarrollo del mercado del hidrógeno verde en Europa; pide una revisión de la Directiva sobre fuentes de energía renovables con miras a aumentar, la cuota de energías renovables en el consumo final bruto de energía; anima a los Estados miembros y a los entes regionales y locales a adoptar unos objetivos ambiciosos a nivel local, regional y nacional para desarrollar energías renovables como la energía eólica y la energía.

Solicita, además, que se elaboren rápidamente actos delegados, de conformidad con la Directiva sobre energías renovables II, a fin de aclarar la cuestión de la clasificación de la electricidad de la red para la producción de hidrógeno⁵ y los requisitos mínimos de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero para los combustibles sintéticos⁶; y hace hincapié en que la estrategia de la UE para el hidrógeno y en las estrategias para el hidrógeno a escala nacional y regional se incluya la creación de una capacidad adicional de generación de electricidad verde destinada a la electrolisis; respalda, una revisión exhaustiva de la Directiva sobre fiscalidad de la energía con el fin de armonizar la fiscalidad de la energía con los objetivos del Pacto Verde Europeo e incluir el hidrógeno y los electrocombustibles en el ámbito de aplicación de la Directiva; anima a los Estados miembros a que utilicen los márgenes existentes para la fiscalidad medioambiental y a que empleen los ingresos adicionales para reducir la carga tributaria de la electricidad con bajas emisiones de carbono; resalta que el régimen comunitario de comercio de derechos de emisión (RCDE UE) ofrece importantes incentivos para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en las industrias con gran consumo de energía (por ejemplo, la industria química y la del acero) para las que el hidrógeno verde constituye una opción clave de descarbonización.

Además, solicita a la Comisión que revise el Reglamento sobre las infraestructuras energéticas transeuropeas (Reglamento RTE-E) y las disposiciones de la UE sobre el mercado europeo del gas, en primer lugar la Directiva de la UE 2009/73/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre el gas, de tal manera que se posibilite un desarrollo dinámico de la economía del hidrógeno verde con un sistema de transporte de hidrógeno a escala de la UE. El CDR señala que el desarrollo y la expansión de redes de hidrógeno específicas es un requisito previo importante para disponer de hidrógeno en estado puro para las aplicaciones prioritarias, para las que no existen alternativas previsibles al hidrógeno; solicita a la Comisión que, dé prioridad al uso de hidrógeno verde y de electrocombustibles como complemento de la movilidad eléctrica en los ámbitos del transporte de mercancías pesadas, el transporte público de viajeros, el transporte por vías navegables y el transporte aéreo.

Destaca que el desarrollo de una economía del hidrógeno verde, en particular el desarrollo de la producción, debe fomentarse mediante fondos públicos, ya que en la actualidad el hidrógeno verde no es económicamente viable. El CDR recuerda que en la producción de hidrógeno verde tanto los costes de inversión como los costes de electricidad son elementos de coste relevantes; en principio, se dispone de instrumentos del lado tanto de la oferta como de la demanda para promover la producción de hidrógeno verde, que —en función de cómo se diseñen— puede tener efectos similares. Las subvenciones a la inversión y las primas reguladas constituyen instrumentos posibles por el lado de la oferta.

⁵ Vid, artículo 27 de la Directiva sobre energías renovables II.

⁶ Vid, artículo 25 de la Directiva sobre energías renovables II.

El CDR recomienda que, en el marco del programa Horizonte Europa, incluidas sus «misiones del Pacto Verde», el Plan Estratégico Europeo de Tecnología Energética (Plan EETE) y el Consejo Europeo de Innovación, se preste una atención especial al hidrógeno verde; acoge con satisfacción la propuesta de la Comisión de constituir una asociación europea para un hidrógeno limpio en el marco de Horizonte Europa como sucesora de la Empresa Común «Pilas de Combustible e Hidrógeno»; recomienda que se mejore la dotación financiera —así como los mecanismos y estructuras— de la asociación, respecto de la dotación de la Empresa Común FCH, teniendo debidamente en cuenta la importancia específica de los entes locales y regionales, a fin de poder prestar apoyo a más proyectos de demostración para el hidrógeno verde, incluidos los de la European Hydrogen Valleys Partnership; destaca que mejorar el intercambio de conocimientos y experiencias entre las regiones, las instituciones de la UE, los Estados miembros y los entes locales y regionales, pero también entre las empresas, debe constituir un objetivo importante de la asociación. También deben establecerse y mejorarse los servicios de asesoramiento adecuados, en particular para las pymes.

1.2 Estrategias de la Comisión y el Pacto Verde Europeo

Para la Unión Europea el hidrógeno es fundamental para alcanzar los objetivos del Pacto Verde, hoja de ruta establecida para lograr la neutralidad climática en 2050 mediante inversiones en tecnologías respetuosas con el medio ambiente, el apoyo a la industria innovadora, la promoción de los sistemas de transporte sostenibles, la eliminación del carbón del sector energético y el impulso de una construcción más eficiente⁷.

El objetivo final de este programa es facilitar el inicio de tecnologías basadas en este elemento para el año 2030 y allanar el camino hacia la eliminación total del carbón en Europa para 2050. Los ciclos de inversión en el sector de las energías limpias engloban ciclos de 25 años, por lo que la Unión Europea quiere actuar ya, trabajando en la creación de una cartera de inversiones que implique a todos sus socios.

El hidrógeno permite almacenar energía renovable, favorece la movilidad sostenible y es respetuoso con el medio ambiente al no emitir dióxido de carbono. Su uso, por tanto, evitaría tener que seguir usando carbón en procesos industriales y otros sectores económicos, logrando reducir las emisiones de carbono, una necesidad urgente.

⁷ [EU Hydrogen Strategy](#). Comisión europea, 8 de julio de 2020.

La Unión Europea planea invertir 430.000 millones de euros⁸ en la próxima década para definir un ecosistema de hidrógeno europeo que permitirá la financiación de proyectos y la transmisión de conocimiento. El objetivo de la Alianza es tener un papel fundamental en la implementación de dichas acciones y en la integración del hidrógeno en el sistema energético.

Desde el punto de vista del transporte de mercancías, esta estrategia también se ve como una solución a largo plazo para el transporte de mercancías por carretera de larga distancia, donde la electrificación no es factible, de momento. Estas estrategias presentan una nueva agenda de inversión en energías "limpias", en línea con los principios establecidos por el fondo de recuperación «Next Generation EU» de la Comisión y el Pacto Verde Europeo.

Esta estrategia se basa en tres pilares principales:

1. En primer lugar, un sistema energético más «circular», centrado en la eficiencia energética⁹.

La estrategia identificará acciones concretas para aplicar en la práctica el principio de «la eficiencia energética primero» y utilizar las fuentes de energía locales de manera más eficaz en edificios o comunidades.

Existe un importante potencial en la reutilización del calor residual procedente de instalaciones industriales, de centros de datos o de otras fuentes, y de energía producida a partir de biorresiduos o de plantas de tratamiento de aguas residuales.

2. En segundo lugar, una mayor electrificación directa de los sectores de uso final.

La estrategia establece 38 acciones para crear un sistema energético más integrado, entre las que se incluyen la revisión de la legislación vigente, el apoyo financiero, la investigación y el despliegue de nuevas tecnologías y herramientas digitales, las orientaciones para los Estados miembros sobre medidas fiscales y la eliminación progresiva de las subvenciones a los combustibles fósiles, la reforma de la gobernanza del mercado y la planificación de las infraestructuras.

El análisis de los obstáculos existentes en estos ámbitos aportará información para propuestas concretas, por ejemplo, la revisión del Reglamento RTE-E a finales de 2020 o la revisión de la Directiva sobre fiscalidad de la energía y del marco regulador del mercado del gas en 2021.

⁸ [Alianza europea por el hidrógeno limpio](#). *ITCL*, 12 de noviembre de 2020.

⁹ [EU Energy System Integration Strategy](#). *Comisión Europea*, 8 de julio de 2020.

La prioridad consiste en desarrollar el hidrógeno renovable, producido utilizando principalmente energía eólica y solar. Sin embargo, a corto y medio plazo se necesitan otras formas de hidrógeno bajo en carbono para reducir las emisiones y apoyar el desarrollo de un mercado viable.

Esta transición gradual requerirá un enfoque por fases:

1. De 2020 a 2024: apoyar la instalación de, al menos, seis gigavatios de electrolizadores de hidrógeno renovable en la Unión Europea y la producción de hasta 1.000.000 de toneladas de hidrógeno renovable.
2. De 2025 a 2030: es preciso que el hidrógeno se convierta en una parte intrínseca del sistema energético integrado con, al menos, 40 gigavatios de electrolizadores de hidrógeno renovable y la producción de hasta 10.000.000 de toneladas de hidrógeno renovable en la Unión Europea.
3. De 2030 a 2050: se espera que las tecnologías del hidrógeno renovable alcancen la madurez y se desplieguen a gran escala en todos los sectores de difícil descarbonización.

En el marco de la Unión Europea, existen o están en negociación varios instrumentos financieros con potencial para apoyar proyectos de hidrógeno renovable, por estar orientados total o parcialmente a favorecer la transición energética y el desarrollo de tecnologías para la descarbonización de la economía¹⁰.

Existe un compromiso para impulsar una economía climáticamente neutra: la Comisión establece planes para el sistema energético del futuro y el hidrógeno limpio¹¹.

Las estrategias de la UE allanarán el camino hacia un sector energético más eficiente e interconectado, impulsado por los dos objetivos de un planeta más limpio y una economía más fuerte.

¹⁰ Innovation Fund es uno de los principales programas de financiación para proyectos de tecnologías innovadoras bajas en carbono, con una dotación de unos 10.000 M€ (en función de los precios del carbono) para el periodo 2020-2030. Los ingresos de este fondo provendrán de los remanentes del programa NER 300, así como de la subasta de derechos de emisión bajo el Régimen de comercio de derechos de emisión de la UE (EU ETS), con 450 millones de derechos asignados para este propósito entre 2020 y 2030. Las ayudas del Innovation Fund podrán ser de hasta el 60% de los costes adicionales ligados a la innovación, tanto de capital como operativos. La primera fase fue publicada el pasado 3 de julio y los proyectos podrán presentarse hasta el 29 de octubre de 2020. Véase [este enlace](#).

¹¹ [Powering a climate-neutral economy: Commission sets out plans for the energy system of the future and clean hydrogen](#). Comisión Europea.

Las dos estrategias presentan una nueva agenda de inversión en energía limpia, en línea con el paquete de recuperación NextGenerationEU de la Comisión y el Pacto Verde Europeo.

Hay tres pilares principales en esta estrategia

- Primero, un sistema energético más "circular", con la eficiencia energética en su núcleo. La estrategia identificará acciones concretas para aplicar el principio de "eficiencia energética primero" en la práctica y para utilizar las fuentes de energía locales de manera más eficaz en nuestros edificios o comunidades. Existe un potencial significativo en la reutilización del calor residual de sitios industriales, centros de datos u otras fuentes, y la energía producida a partir de biorresiduos o en plantas de tratamiento de aguas residuales.
- En segundo lugar, una mayor electrificación directa de los sectores de uso final.
- Para aquellos sectores donde la electrificación es difícil, la estrategia promueve combustibles limpios, incluido el hidrógeno renovable y los biocombustibles y biogás sostenibles. La Comisión propondrá un nuevo sistema de clasificación y certificación de combustibles renovables y de bajo carbono.

La segunda estrategia es la estrategia de hidrógeno. La estrategia del hidrógeno de la UE aborda cómo transformar este potencial en realidad, a través de inversiones, regulación, creación de mercado e investigación e innovación.

Para ayudar a cumplir esta estrategia, la Comisión ha lanzado la Alianza Europea del Hidrógeno Limpio¹² con líderes de la industria, la sociedad civil, ministros nacionales y regionales y el Banco Europeo de Inversiones.

La Comisión propondrá medidas políticas y reglamentarias para crear certeza para los inversores, facilitar la absorción de hidrógeno, promover la infraestructura y las redes logísticas necesarias, adaptar las herramientas de planificación de la infraestructura y respaldar las inversiones, en particular a través del plan de recuperación NextGenerationEU.

¹² [Kick-off meeting of European Clean Hydrogen Alliance](#). Comisión Europea, 8 de julio de 2020 y [European Clean Hydrogen Alliance](#). Comisión Europea, 8 de julio de 2020.

2. ESTRATEGIA ESPAÑOLA DEL HIDRÓGENO.

El Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico propuso el día 6 de octubre al Consejo de Ministros la Hoja de Ruta del Hidrógeno, con la que busca que España alcance la neutralidad climática y un sistema eléctrico 100% renovable no más tarde de 2050. El Consejo de Ministros ya lo ha aprobado. Sin embargo, no existe un necesario Plan nacional del Hidrógeno. El documento, cuyo desarrollo está contemplado en el Plan Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030, incluye 60 medidas y fija objetivos nacionales hasta 2030 alineados con la Estrategia Europea del Hidrógeno. Los planes pasan por alcanzar en diez años una potencia instalada de 4.000 megavatios (MW) de potencia instalada de electrolizadores, el sistema de producción de hidrógeno renovable.

Con esos 4.000 MW España concentraría el 10% del objetivo marcado por la Comisión Europea para el conjunto de la UE para 2030. El Gobierno también ha marcado como hito intermedio llegar a 2024 con una potencia instalada de electrolizadores de entre 300 y 600 MW en el país.

El documento también plantea que un mínimo de 25% del consumo de hidrógeno por la industria sea renovable en 2030. En cuanto a la movilidad, recoge la implantación de hidrogeneras, trenes y vehículos de transporte pesado propulsados por este producto. Entre las medidas regulatorias se incluye, entre otras, la introducción de un sistema de garantías de origen que asegure que el hidrógeno se ha producido a partir de energía 100% renovable.

Las administraciones españolas no han liderado esta línea, pero algunas empresas energéticas españolas sí lo están haciendo.

El futuro del hidrógeno limpio ya ha comenzado¹³. Existe un creciente consenso internacional de que el hidrógeno limpio desempeñará un papel clave en la transición del mundo hacia un futuro energético sostenible. Es fundamental ayudar a reducir las emisiones de carbono de la industria y el transporte pesado, y también proporcionar almacenamiento de energía a largo plazo a gran escala.

El Gobierno prepara el plan de recuperación para cambiar el modelo productivo, sabiendo que el 37% de los fondos Next Generation se destinarán a la transición ecológica en general, y, además, el 100% de las líneas de actuación que si responden a los criterios de mitigación y adaptación al cambio climático, protección de los recursos hídricos, residuos, prevención de la contaminación y protección y restauración de la biodiversidad y los ecosistemas.

¹³ HULST, Noé van. [The clean hydrogen future has already begun](#). IEA, 23 de abril de 2019.

Es imprescindible publicar una estrategia nacional de autoconsumo, para determinar qué proporción de los 26.000 MW fotovoltaicos planificados puede ser de autoconsumo y cómo pueden impulsarlo todas las administraciones, por las ventajas que supone acercar la producción al consumo de los ciudadanos.

2.1. Tipos de Hidrogeno como fuentes alternativas

El hidrógeno no es una fuente primaria de energía, como el sol o el viento, sino un vector, esto es, un producto manufacturado que es capaz de almacenar energía para posteriormente, liberarla de forma gradual, con las posibilidades de cara al despliegue masivo de las renovables que se va a producir en la próxima década para descarbonizar la economía. En el caso de que se empleen energías renovables en su fabricación, tendrá la consideración de "hidrógeno verde" o "hidrógeno renovable".

De dónde proviene el hidrógeno es importante. Por el momento, se produce principalmente de forma industrial a partir de gas natural, que genera importantes emisiones de carbono. Ese tipo se conoce como hidrógeno "gris".

El hidrógeno es el carburante con mayor densidad energética; 1 kg. contiene la misma energía que 2,8 kg. de gasolina. También tiene una alta eficiencia de conversión. En un vehículo a hidrógeno con celdas de combustible, hasta el 60% de la energía química del hidrógeno se convierte en energía motriz para el vehículo mientras que el rendimiento mecánico de los motores como los de gasolina o gasóleo, fluctúa entre el 20% y el 35%.

La mayor parte de hidrógeno para uso industrial se produce mediante el reformado del metano o la gasificación del carbón. Son los procesos más baratos pero no son limpios. En cambio, la obtención de hidrógeno mediante la electrólisis del agua sí sería un procedimiento limpio si la energía que requiere este proceso químico procediese de una fuente renovable como la energía eólica o fotovoltaica.

El hidrógeno puede almacenarse en estado gaseoso o líquido y distribuirse a través de gasoductos, pudiendo ser un sustituto del gas natural, y no emite gases de efecto invernadero en su combustión.

La forma ideal de producirlo sería obtenerlo directamente del agua, para lo cual sería necesario llevar a cabo un proceso denominado electrólisis, que consiste en la descomposición de las moléculas de agua (H_2O), en oxígeno (O_2) e hidrógeno (H_2). Sin embargo, generalmente es este un proceso costoso para el que se necesita mucha energía eléctrica -que en la mayoría de los casos no procede de fuentes renovables- para alimentar los electrolizadores.

En función de su sostenibilidad existen tres tipos distintos de hidrógeno: hidrógeno gris, hidrógeno azul e hidrógeno verde¹⁴.

La dificultad para obtener hidrógeno 100% limpio ha llevado a los productores a clasificar el producto resultante en función de su valor sostenible. De este modo, el hidrógeno gris, el más utilizado actualmente -por ejemplo, en la industria química o en las grandes refinerías de petróleo- es el menos respetuoso con el medio ambiente, pues su generación sigue requiriendo de combustibles fósiles.

Como alternativa, el 'hidrógeno azul o bajo en carbono' sigue requiriendo de combustibles fósiles, pero emite menos carbono, pues este se retira con un método llamado 'captura y almacenamiento'.

La opción más ecológica es el 'hidrógeno verde', producido a partir de energías renovables, una alternativa 100% sostenible que, sin embargo, es la menos común del mercado.

Según una investigación realizada por la Universidad Stanford y la Universidad Técnica de Múnich¹⁵, la producción de hidrógeno podría ser rentable si se utilizase todo el exceso de energía renovable que no se consume, y que, por tanto, no puede almacenarse. La clave es que el rendimiento de las energías renovables es intermitente, con lo que el suministro de electricidad a partir de estas fuentes también es variable. A veces es insuficiente para satisfacer la demanda, mientras que en ocasiones se produce demasiada y se pierde, o bien se deja de producir, ya que no se puede almacenar en el momento.

Este problema se debe, al funcionamiento propio del sector eléctrico, que solo produce la electricidad que va a ser consumida, lo que se traduce en un desaprovechamiento de la energía que deja de producirse solo porque en ese momento no hay demanda. Esta complicación se hace aún mayor a medida que aumenta el porcentaje de energía renovable en el mix eléctrico, algo que podría acabarse con un sistema de almacenamiento a gran escala basado en el hidrógeno.

Así, en aquellos momentos en los que la capacidad de producción eléctrica renovable exceda la demanda, en lugar de parar esas Instalaciones, la electricidad se derivaría a parques de electrolizadores, donde se produciría y almacenaría el hidrógeno para luego volverlo a transformar en electricidad mediante el uso de pilas de combustible. Un sistema de almacenamiento a gran escala basado en el hidrógeno podría permitir almacenar la energía renovable excedente para usarse posteriormente.

¹⁴ ALCALDE, Sergi. [Ventajas e inconvenientes del hidrógeno como combustible alternativo](#). *National Geographic*, 8 de diciembre de 2019.

¹⁵ ROCA, José A. [Los impactos del cambio climático podrían afectar a la producción mundial de energía solar](#). *El periódico de la energía*, 19 de noviembre de 2020.

3. COSTES DE LOS HIDRÓGENOS COMO COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS

El problema hay que buscarlo en el coste y en la dificultad de producción.

El hidrógeno no es fácil de obtener, pues no encontrarse de forma aislada en la naturaleza, sino que se genera a partir de otras sustancias que lo contienen, entre ellos el agua, el carbón y el gas natural.

Una investigación publicada recientemente en la revista especializada *Nature Energy*¹⁶ se propuso cuantificar el coste de producción de hidrógeno a partir energía eléctrica (empleando electrólisis) para determinar si se trataba o no de una alternativa viable desde el punto de vista comercial. Su conclusión fue que los sistemas híbridos (de generación de hidrógeno a partir de energía renovable, generalmente eólica o solar), pueden llegar a ser rentables a partir de los 3,23 euros el kilo.

El mismo estudio apuntaba, sin embargo, que los costes de los electrolizadores están disminuyendo considerablemente, lo que podría abaratar de forma considerable el gasto asociado a la generación de hidrógeno con energía procedente de fuentes renovables.

Hay varios métodos de producción de hidrogeno¹⁷:

1. La electrólisis es el segundo método de producción de hidrógeno a escala industrial de todo el mundo. Además, es un método limpio, cuyo coste resulta proporcional al de la energía eléctrica empleada en su producción".

Los valores inferiores a los 2,5 céntimos por kWh nos dan precios de unos 2,5 euros por kilogramo, lo que lo convierte en una solución viable para la "descarbonización" de sectores como el industrial, del transporte o la energía.

2. Existe una vía más económica de generar hidrógeno: manipulando el gas natural. Este proceso es conocido como 'reformado de metano', y podría ser una alternativa viable para la transición energética.

El problema radica en que este sistema no acaba con la dependencia energética, pues generalmente se basa en combustibles fósil (el gas natural). Para deshacerse de ese carbono remanente, los productores de hidrógeno recurren

¹⁶ [El hidrógeno como combustible de futuro](#). *Asociación de Cargadores de España*, 30 de octubre de 2020.

¹⁷ ALCALDE, Sergi. [Ventajas e inconvenientes del hidrógeno como combustible alternativo](#). *National Geographic*, 8 de diciembre de 2019.

al método de 'captura y almacenamiento de carbono', una técnica que permite 'inyectar' bajo tierra este exceso de este contaminante, lo cual daría como resultado el llamado 'hidrógeno azul'.

3. Otra fórmula alternativa, como puede ser la producción de hidrógeno a partir de celulosa o el reformado de etanol y azúcares.
4. Otra de las posibilidades es el denominado "ciclo híbrido del azufre", o ciclo de Westinghouse. La principal ventaja de esta opción es que requiere una menor cantidad de energía en el proceso de electrólisis, lo que podría servir en un futuro para abaratar los costes de producción del hidrógeno verde.

Por el momento, el hidrógeno gris es más barato que los otros dos. Su precio se estima en unos 1,50 € el kilo. El principal impulsor es el precio del gas natural, que varía en todo el mundo.

Se puede caer en el error que el precio del hidrógeno gris se mantendrá a un nivel relativamente bajo en el futuro previsible. Eso ignora la proyección de un aumento estructural en los precios del gas natural debido a las fuerzas del mercado. y no tiene en cuenta la posible volatilidad de los precios del gas.

Es más, las emisiones de CO₂ del hidrógeno gris tienen un costo en un número creciente de jurisdicciones en todo el mundo. En el sistema de comercio de emisiones de la Unión Europea, el precio del CO₂ está en el rango de 20 a 25 € por tonelada.

Un número creciente de países de la Unión Europea quiere establecer un precio mínimo de CO₂ que aumentará gradualmente a alrededor de 30€ a 40€ por tonelada durante los próximos 10 años. Eso significa que el costo del CO₂ podría eventualmente agregar casi 0,50 € al precio de un kilo de hidrógeno gris en Europa, lo que elevaría el precio total a alrededor de 2 €.

Las estimaciones actuales sitúan el precio de la captura, utilización y almacenamiento de carbono (CCUS)¹⁸ en el rango de 50 a 70 € por tonelada de CO₂. El precio es más bajo en casos específicos como la producción de amoníaco. Esto coloca el precio actual del hidrógeno azul en Europa un poco por encima del precio del hidrógeno gris, pero esa brecha se reducirá si el precio de las emisiones de CO₂ aumenta aún más en los próximos años.

¹⁸ Al respecto: METZ, bert; et al. (Eds.). [La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono](#). España: OMM; PNUMA, 2005.

Una vez que el proceso de CCUS en plantas de hidrógeno azul se amplíe y estandarice, es probable que el costo baje.

La innovación debería eventualmente abrir más oportunidades para la utilización de CO₂ en la industria, lo que puede reducir aún más el costo de CCUS. Estos desarrollos podrían acercar el precio del hidrógeno azul al del hidrógeno gris.

Las causas de estos picos de precio se encuentran en la combinación de diversos factores. Entre los más importantes están, por un lado, la baja disponibilidad nuclear en Francia y una baja producción eólica y, por el otro, las altas temperaturas registradas en el continente en la segunda mitad de septiembre que empujaron la demanda, sobre todo en Francia, donde se alcanzaron las temperaturas medias nacionales más altas para esta época del año de al menos los últimos veinticinco años

En España para que sean económicamente competitivas las plantas necesitan de:

1. La reducción del coste de los electrolizadores.
2. La mejora en el rendimiento energético de las fuentes renovables.

El hidrógeno además permite su uso como «pila» o sistema de almacenamiento de la electricidad sobrante que pueda producir una planta y que siempre representa uno de los problemas centrales de la gestión de un sistema eléctrico en el que, por definición, la demanda y la generación de electricidad han de coincidir milimétricamente salvo que la segunda se pueda almacenar.

El hidrógeno «verde» y el biogás generado en las plantas de residuos son alternativas. Este biogás es una alternativa de negocio también «verde» a la obtención de hidrógeno por electrolisis. El uso del metano del biogás es una alternativa aún no rentable en la que deberían interesarse las administraciones locales que gestionan plantas de residuos¹⁹.

3.1. El hidrógeno azul puede reducir la brecha del coste

El precio del hidrógeno azul también está influenciado principalmente por los precios del gas natural. Pero su segundo factor más importante es el costo de capturar y reutilizar o almacenar las emisiones de carbono.

¹⁹ Por ejemplo, la empresa Valoriza firmó en 2019 un contrato con el Fondo de Carbono para una Economía sostenible para modernizar y hacer más eficientes dos plantas de tratamiento de residuos en Cádiz.

Diferentes factores entran en juego para el precio del hidrógeno verde, que se estima en este momento entre 3,50 y 5 € el kilo.

El primero es el costo de la electrólisis, el proceso mediante el cual se produce hidrógeno a partir del agua utilizando energía renovable. La capacidad total de electrólisis global es limitada y costosa en este momento. La mayoría de los expertos de la industria esperan que un aumento significativo de la capacidad de electrólisis reduzca los costos en aproximadamente un 70% en los próximos 10 años.

3.2. El precio del hidrógeno verde depende de las energías renovables

El factor más crítico para el costo del hidrógeno verde es el precio de la electricidad verde utilizada en el proceso de electrólisis.

El costo de generar energía solar y eólica se ha reducido espectacularmente en la última década. Eso debería generar cautela sobre lo que sucederá con el costo del hidrógeno verde en el futuro. De manera similar a la eólica y la solar, puede bajar mucho más rápido de lo que esperan los expertos.

La ampliación proyectada de la producción eólica marina en el noroeste de Europa se produzca en los próximos 10 a 15 años. A principios de la década de 2030, el despliegue masivo de hidrógeno verde puede haber comenzado en esa parte del mundo. El gobierno japonés también ha formulado objetivos estrictos de costos para el hidrógeno limpio para 2040.

3.3. El hidrógeno verde es el futuro y la continuación de la revolución fotovoltaica

En un futuro debemos pasar de ser importadores netos de combustibles fósiles y electricidad a ser exportadores de energía verde en forma de hidrógeno y electricidad renovable.

Tenemos en el sur de España el mayor recurso solar del continente y debe explotarse al máximo. Como hemos dicho antes, todo el posible exceso de electricidad renovable debe canalizarse a producir hidrógeno verde.

El hidrógeno verde debe sustituir el consumo de combustibles fósiles en el transporte y en la industria si se quiere tener un continente libre de emisiones contaminantes en el 2060.

El CO₂ es un claro ejemplo de fiscalidad ambiental que ha sido clave para el desarrollo de las renovables y para penalizar el consumo de combustibles fósiles contaminantes.

Es clave los incentivos de la producción de hidrógeno limpio. Para ello os remite a un informe de la Agencia Internacional de la Energía datado del mes de abril de 2019, en el que se señala que los costes de producción de este elemento cambiarán en un futuro no muy lejano.

El hidrógeno gris cuesta actualmente unos 1,5 €/kg, dependiendo del precio del gas natural. En el caso del hidrógeno azul, a ese coste habría que sumarle el de los procesos de captura y almacenamiento del CO₂ (entre 50 y 70 €/tonelada de CO₂). Sin embargo, la Unión Europea planea penalizar las emisiones de CO₂ en un rango de 30 y 50 euros por tonelada de CO₂, por lo que dentro de unos años el hidrógeno azul acabará siendo más barato que el gris.

4. PAÍSES LÍDERES CON EXPERIENCIAS DE ÉXITO EN HIDRÓGENO

En países y regiones con abundante luz solar y energía eólica, como Oriente Medio, África del Norte y América Latina, los precios de la electricidad verde se han reducido a alrededor de 2 céntimos de euro por KWh. Los expertos esperan que disminuyan aún más en un futuro próximo.

En esos países y regiones, existe una perspectiva real de producir en masa electricidad verde para uso doméstico, y también hidrógeno verde para aplicaciones domésticas y mercados de exportación.

Solo el abaratamiento del precio de las energías renovables acabará convirtiendo al hidrógeno generado por electrólisis en la alternativa energética más sostenible del mercado. Es imposible alcanzar los objetivos energéticos marcados por la Unión Europea para 2050 sin desarrollar una economía basada en el hidrógeno.

Las 'hidrogeneras', estaciones de servicio de hidrógeno, son una realidad en Japón, Estados Unidos y Alemania. En España también existen, aunque su distribución es todavía escasa, pues también es el número de vehículos que funcionan con este combustible.

Un ejemplo más esperanzador, según informa Justo Lobato, la encontramos en Groninga.

El proyecto HEAVENN²⁰ [H₂ Energy Applications (in) Valley Environments (for) Northern Netherlands] en el que participan más de 65 entidades nacionales e internacionales y con una inversión de más de 1.000 millones de euros, pretende basar en el hidrógeno todo el sistema energético del norte de Holanda, un país que está apostando fuerte por este combustible alternativo.

El éxito de este proyecto podría dar la solución energética basada en el hidrógeno, un combustible limpio y fácil de usar que podría solucionar tanto las necesidades del consumo doméstico como del transporte.

En principio, el hidrógeno verde puede enviarse por todo el mundo a lugares que están menos dotados de fuentes de energía renovables baratas.

Japón tiene varios proyectos piloto importantes en marcha, con países como Australia, Arabia Saudita y Brunei, para determinar la mejor manera de transportar hidrógeno verde o azul a grandes distancias en barco.

El power to gas. La compañía Greenpeace Energy fue una de las pioneras en implantar esta fuente de energía en Alemania con una tarifa de 6,95 c€/kWh de los cuales 0,4 céntimos eran para cubrir los costes de la instalación. Este precio, aunque más caro que el del gas natural (5,6 c€/kWh) es más barato que el de la gasolina, 15 c€/kWh, y muy competitivo en el mercado energético si se tiene en cuenta que el precio de las energías renovables va disminuyendo, mientras que el de los combustibles fósiles van aumentando.

²⁰ [Véase este vídeo.](#)