

BOLETÍN DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA

TDI Nº1 T2 2022

TECNOLOGÍAS PARA LA DESCARBONIZACIÓN INDUSTRIAL

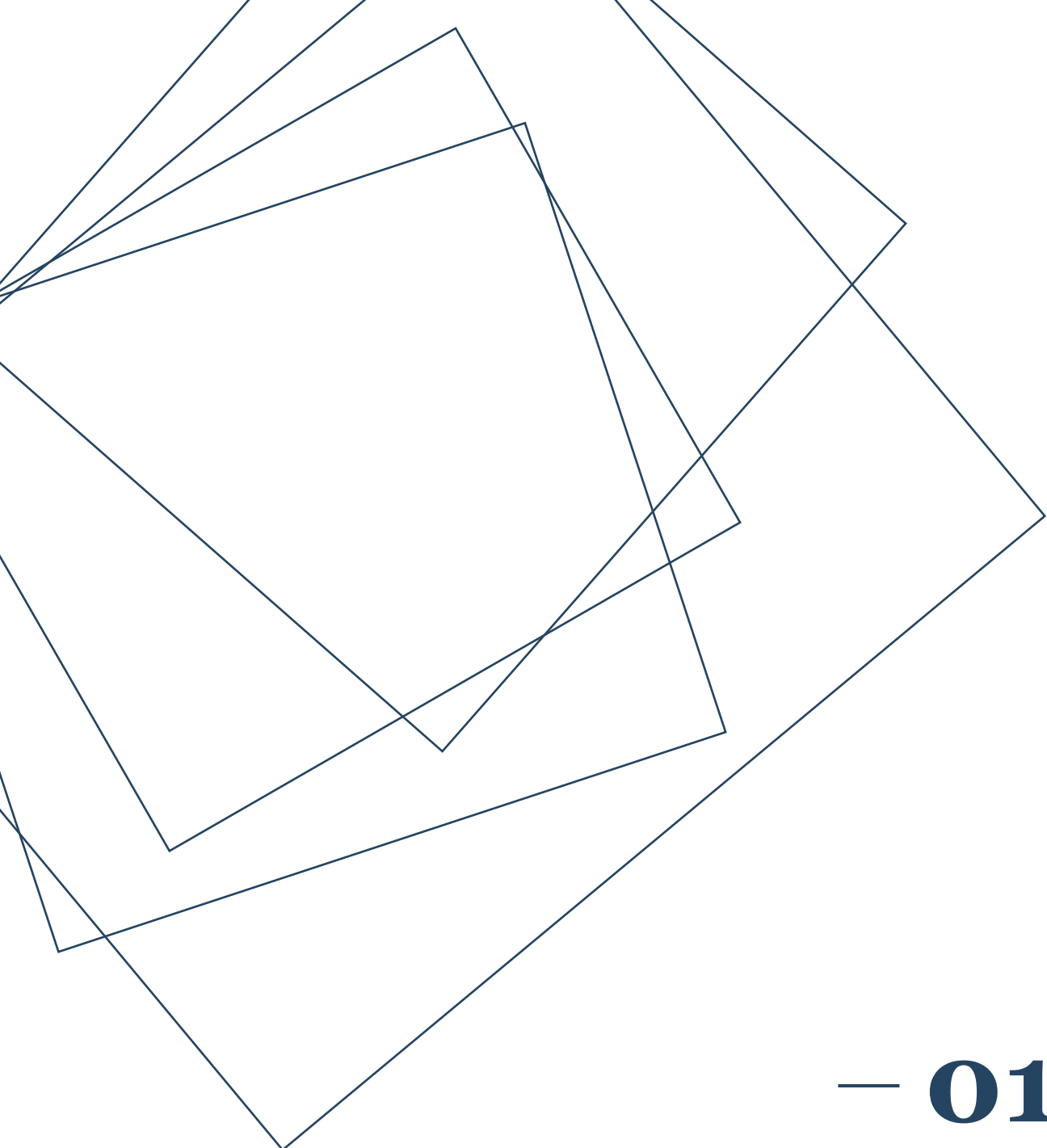


El Boletín de Vigilancia Tecnológica sobre Tecnologías para la Descarbonización Industrial es una publicación trimestral de la Escuela de Organización Industrial desarrollada en colaboración con CTIC Centro Tecnológico. Este Boletín pretende ofrecer una visión general de las tecnologías para la descarbonización industrial.

Esta publicación forma parte de una colección de Boletines temáticos de Vigilancia Tecnológica, a través de los cuales se busca acercar a la pyme información especializada y actualizada sobre sectores industriales estratégicos. Los Boletines seleccionan, analizan y difunden información obtenida de fuentes nacionales e internacionales, con objeto de dar a conocer los principales aspectos del estado del arte de la materia en cuestión, así como otras informaciones relevantes de la actualidad en cada uno de los campos objeto de Vigilancia Tecnológica.

Índice

_04	El hidrógeno, clave en la descarbonización industrial
_11	Actualidad
_15	Tendencias tecnológicas
_22	Agenda
_30	<i>Just in Time</i>
_34	Cierre



— 01

Estado del Arte

Estado del arte acerca de las tendencias y novedades en el campo de las tecnologías para la descarbonización industrial.

El hidrógeno, clave en la descarbonización industrial

Contexto europeo y nacional

La Unión Europea ha asumido el reto de convertirse en el **primer continente climáticamente neutro** para 2050. Esto es, que sus emisiones netas de gases de efecto invernadero (GEI) pasen a ser cero: ha de reducir drásticamente sus emisiones en comparación con niveles preindustriales y ha de absorber mediante sumideros de carbono aquellas emisiones que no es posible eliminar.

Para alcanzar este ambicioso objetivo, se ha marcado el hito de reducir al 55%, respecto a los niveles de 1990, las emisiones de GEI antes de 2030, en lo que se conoce como el paquete de medidas “Fit for 55”. Parece evidente que se necesitan medidas adicionales a las llevadas a cabo hasta ahora para acercar incluso el 40% de reducción de emisiones de GEI.

La [Estrategia a largo plazo para una economía española moderna, competitiva y climáticamente neutra en 2050](#), *noviembre 2020*, está completamente alineada con los objetivos europeos como el principal vector para combatir el cambio climático. Esto se debe, tanto a una cuestión de compromiso medioambiental, como a una de carácter esencial de cara al futuro, al ser España una de las zonas europeas más expuestas a los impactos del cambio climático.

La estrategia fija una serie de objetivos relacionados, no sólo con la reducción de emisiones de GEI, también, sobre el porcentaje de energías renovables, el consumo total de energía final, la mejora de la eficiencia energética y el porcentaje de energías renovables en la generación eléctrica.

La **industria** es un sector relevante de cara a los objetivos de descarbonización por su nivel de consumo energético y sus emisiones de GEI, principalmente, dióxido de carbono (CO₂).

En la Figura 1, se muestra la estructura del consumo energético en la industria con datos del 2017. Fuente: *La descarbonización de la industria, retos y oportunidades*, Javier Marqués, Txetxu Sáenz de Ormijana, EVE - Ente Vasco de Energía con datos de IDAE del 2017 y, en la Figura 2, se hace una proyección del mix energético esperado en la industria en 2030 en base a los planes actuales de descarbonización, en el que se ve una reducción del uso de carbón y un aumento del uso de gas natural y de las energías renovables. Fuente: *La descarbonización de la industria, retos y oportunidades*, Javier Marqués, Txetxu Sáenz de Ormijana, EVE - Ente Vasco de Energía con datos de PNIEC 2021-2030 (MITECO). Esto está relacionado con la controversia generada a raíz de la reciente incorporación, por parte del Parlamento Europeo, del gas natural y la energía nuclear como energías verdes, en el corto y medio plazo para apoyar la transición energética. Los expertos apuntan lo equivocada de esta decisión, puesto que sí es cierto que, aunque el gas natural no emite tantos GEI como otras fuentes de energía, sí los emite y, aunque la energía nuclear no tiene emisiones de GEI, genera residuos radiactivos sin solución en la actualidad, por lo que debería estar lejos de ser considerada una energía sostenible.

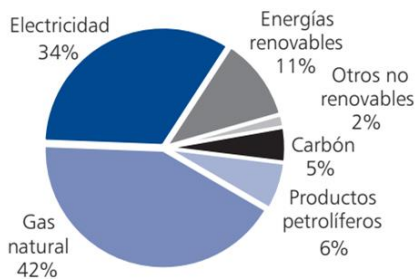


Figura 1: Estructura del consumo en la industria en 2017 por energías.

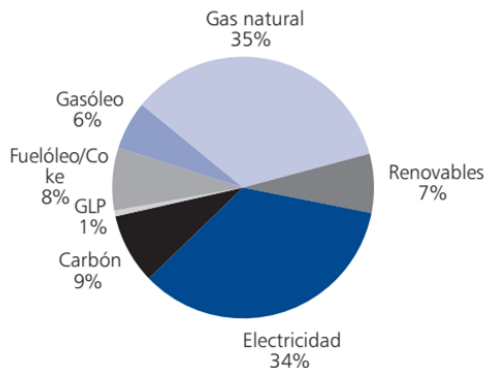



Figura 2: Mix energético de la industria, 2030.

Descarbonización de la industria

La **descarbonización de la industria**, tanto española como a nivel internacional, plantea una serie de retos, pero también de oportunidades, tanto económicas como tecnológicas, en su camino para convertirse en una industria sostenible y competitiva.

Estas oportunidades se han enfocado en la innovación y desarrollo de tecnologías que disminuyan la dependencia de combustibles fósiles en los procesos productivos y actúen como alternativa al carbono en diversos sectores, incluyendo la industria, la energía y la movilidad, entre otros.

Uno de los retos concretos planteados dentro de la descarbonización de la industria es el uso del hidrógeno (H₂) como vector energético, al ser capaz de almacenar energía y liberarla posteriormente de manera controlada. Incluso, el hidrógeno puede considerarse como materia prima con el potencial de sustituir a los combustibles fósiles utilizados en procesos térmicos.



La producción mundial de hidrógeno se sitúa alrededor de los 87 millones de toneladas.

Uno de los retos concretos planteados dentro de la descarbonización de la industria es el uso del hidrógeno (H₂) como vector energético, al ser capaz de almacenar energía y liberarla posteriormente de manera controlada. Incluso, el hidrógeno puede considerarse como materia prima con el potencial de sustituir a los combustibles fósiles utilizados en procesos térmicos.

Sin embargo, no todas las maneras de producir hidrógeno lo convierten en una buena alternativa, puesto que emiten CO₂ e implican grandes cantidades de energía. Se habla de tres tipos de hidrógeno según su proceso de síntesis:

- **hidrógeno gris:** producido a partir de gas natural con CO₂ como subproducto emitido a la atmósfera;
- **hidrógeno azul:** producido a partir de gas natural con CO₂ como subproducto que se captura y se reutiliza, mediante técnicas de captura, uso y almacenamiento de carbono (CCUS: Carbon Capture, Use and Storage), por lo que no se emite a la atmósfera;

- **hidrógeno verde (o renovable):** producido a partir de agua a través de un proceso de electrólisis propulsado por energías renovables y generando únicamente oxígeno (O₂) como subproducto, por lo que no hay CO₂ emitido a la atmósfera. También se puede generar a partir del reformado con vapor de metano (biogás o biometano), que aunque tiene CO₂ como subproducto residual, al usar materia prima con una huella de carbono negativa, produce un hidrógeno verde negativo en emisiones.

La Estrategia Europea del Hidrógeno sitúa a este como el elemento esencial para contribuir a su neutralidad climática en 2050. Su prioridad es el hidrógeno verde producido utilizando energía solar y eólica. Sin embargo, a corto y medio plazo, se necesitarán otras formas de hidrógeno con bajo contenido en carbono para reducir las emisiones rápidamente y permitir el desarrollo de un mercado viable.

La Estrategia Europea marca una serie de hitos en tres horizontes temporales (2024, 2030 y 2050) que garantice el impulso necesario para el desarrollo de tecnologías del hidrógeno verde:

- Hasta 2024. Instalación de al menos 6 GW de electrolizadores en la UE y la producción de hasta 1 millón de toneladas de hidrógeno verde.
- 2025-2030. Instalación de al menos 40 GW de electrolizadores y la producción de hasta 10 millones de toneladas de hidrógeno verde en la UE.
- 2031-2050. Despliegue de tecnologías de hidrógeno a gran escala puesto que han alcanzado una madurez adecuada.

Dentro del marco nacional, se han lanzado una serie de planes específicos que fomenten la penetración en el mercado de gases renovables,

incluyendo el biogás, el biometano y el hidrógeno verde. Específicamente, el plan de impulso del hidrógeno verde está recogido en la Hoja de Ruta del Hidrógeno: una apuesta por el hidrógeno renovable y por el PERTE de energías renovables, hidrógeno verde y almacenamiento aprobado en el Consejo de Ministros en diciembre de 2021, como se detalla dentro de este boletín.

Hidrógeno e hidrógeno verde en la industria

Según datos del 2020 (informe de la Agencia Internacional de Energía (IEA), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*) la producción mundial de hidrógeno se sitúa alrededor de los 87 millones de toneladas. Respecto al hidrógeno verde, en 2020, había una capacidad de electrólisis de 8 GW, lo que equivale tan sólo a un 4% del hidrógeno total.

Actualmente, el 99% del hidrógeno que se consume en España es hidrógeno gris (aproximadamente, unas 500.000 t/año) que es utilizado principalmente como materia prima en refinerías (70%) y en fabricantes de productos químicos, como por ejemplo, amoníaco (25%), mientras que el resto del consumo corresponde a diversos sectores, entre los que destaca el metalúrgico.

La cadena de valor del hidrógeno se resume en el esquema de la Figura 3. Invertir en su desarrollo a gran escala supondrá un incremento de la producción eléctrica por encima de los 250.000 TW/h

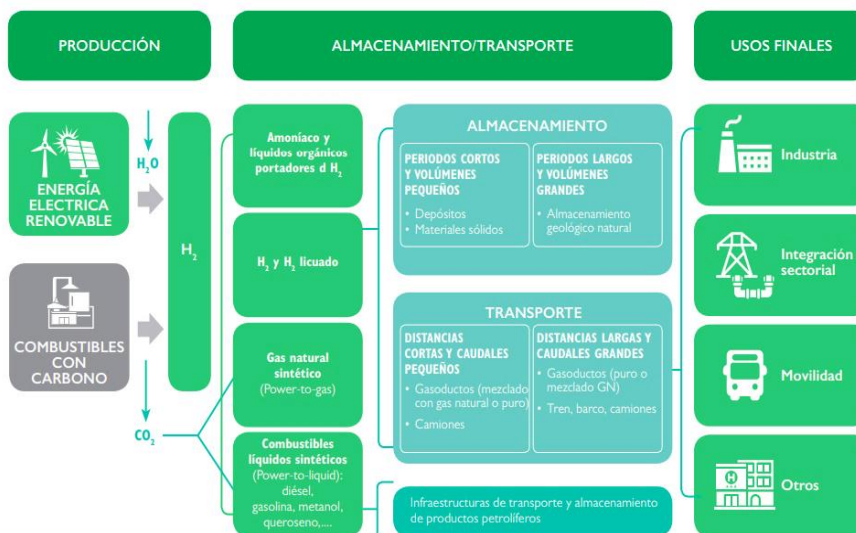


Figura 3: Etapas de la cadena de valor del hidrógeno

Respecto a la **producción de hidrógeno**, existen dos vías principales en función de la materia prima utilizada:

- Si se lleva a cabo con **energía eléctrica renovable** (hidrógeno verde), la principal tecnología existente para la producción de hidrógeno es la **electrólisis**. La electrólisis consiste en la disociación de un compuesto en sus componentes por medio de una corriente eléctrica continua. En este caso, se produce la ruptura de la molécula de agua en oxígeno e hidrógeno, son recogidos en flujos separados. El oxígeno, por un lado, se libera a la atmósfera o puede almacenarse para su uso posterior como gas médico o industrial en algunos casos; mientras que el hidrógeno, que es el que nos interesa, se almacena como gas comprimido o se licúa para su uso en industria o en pilas de combustible de hidrógeno. Para llevar a cabo procesos de electrólisis se necesitan electrolizadores que varían según su tamaño y función. Los más usados son: electrolizadores alcalinos, electrolizadores de membrana de intercambio de protones (PEM, Proton Exchange Membrane) o de membrana de intercambio iónico (AEM, Anion Exchange Membrane) y electrolizadores de óxido sólido (SOEC). Existen otros procesos que permiten la generación de hidrógeno verde a partir de la disociación directa de una molécula de agua, como la termólisis, que todavía se halla en un estado bajo de madurez tecnológica.
- Si se pretende obtener hidrógeno a partir de gas natural o biogás, ya no sería hidrógeno verde, por lo que no entraremos en más detalle.

Los principales estados en los que se presenta el

hidrógeno para proceder a su almacenamiento y transporte son: en portadores de hidrógeno como amoníaco u otros líquidos orgánicos (metanol, octano, etc.), como hidrógeno gas, como hidrógeno licuado y como hidrógeno combinado (utilizado para sintetizar combustibles: metano al mezclar hidrógeno con CO₂ o biomasa y combustibles líquidos sintéticos).

Respecto al **almacenamiento de hidrógeno y su transporte**, es necesario tener en cuenta varios aspectos, como el caudal producido y el caudal de consumo en cada punto (Nm³/h), la distancia desde planta de producción hasta el punto de consumo, la complementariedad de usos finales, la idoneidad para el acondicionamiento final y el uso en los diferentes tipos de consumos, de cara a encontrar la solución óptima.

Hoy en día, las principales opciones para su almacenamiento a pequeña escala con utilización prevista a corto plazo son el uso de depósitos a altas presiones (hasta 1.000 bares), que requieren materiales resistentes como el acero, entre otros, y su almacenamiento como materiales sólidos, por ejemplo, hidruros metálicos que permiten almacenar más hidrógeno por unidad de volumen. En el caso de volúmenes de hidrógeno superiores a los que pueden ser almacenados en los depósitos mencionados, existe la posibilidad de usar almacenamientos geológicos naturales, como los que se usan actualmente para el gas natural. Éste es ahora mismo uno de los cuellos de botella a resolver en el despliegue de producción de hidrógeno verde en España, puesto que tanto la disponibilidad y distribución geográfica de estos recursos naturales, así como los requisitos de presión que son necesarios para que el almacenamiento de hidrógeno sea viable son factores limitantes a día de hoy.

Además, al tratarse de una molécula de densidad reducida y muy reactiva, cualquier fuga durante su transporte y almacenamiento hace al hidrógeno asociarse a otros gases de la atmósfera produciendo efectos de calentamiento que pueden contribuir al efecto invernadero. Por tanto, para un eficiente despliegue de los proyectos hidrógeno verde, en paralelo a los avances técnicos de la producción en sí, también es esencial desarrollar tecnologías de almacenamiento y transporte que minimicen las fugas de hidrógeno.

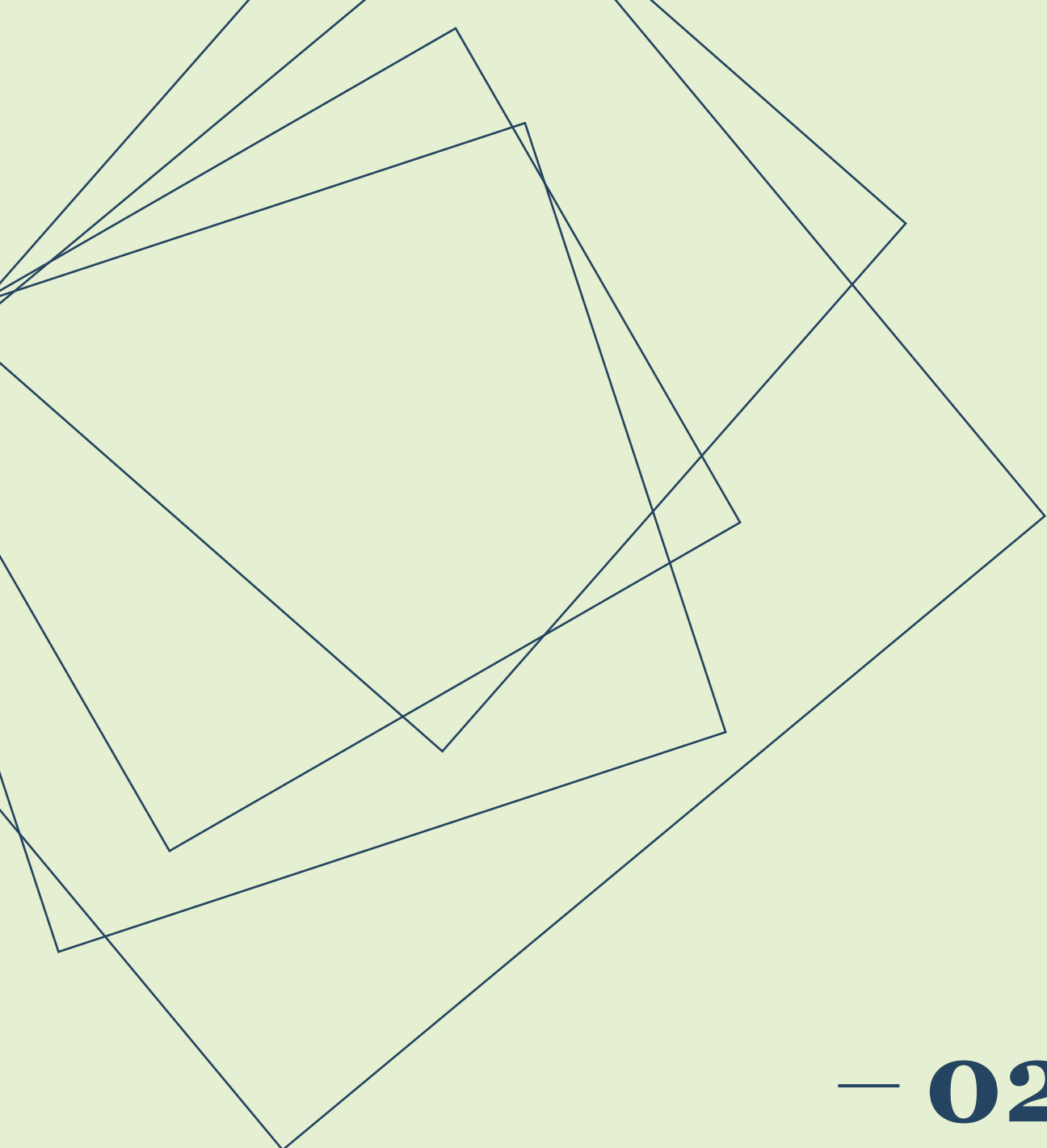
Impacto del hidrógeno verde

España tiene la capacidad para posicionarse como referente tecnológico y aprovechamiento del hidrógeno verde. De hecho, en la actualidad hay dos grandes iniciativas de hidrógeno verde que destacamos en este boletín:

- HyDeal España. La planta de hidrógeno verde que se creará pretende contar con una capacidad instalada total de 9,5 GW que suministrará energía eléctrica a 7,4 GW de potencia de electrólisis para el 2030. De este modo, HyDeal planea suministrar el equivalente al 5 % del gas natural importado por España.
- Planta de hidrógeno verde de Puertollano - Iberdrola. Recientemente inaugurada, tiene una capacidad de 100 MW y se espera que evite la emisión a la atmósfera de unas 20 mil toneladas de dióxido de carbono. Cabe resaltar que estos planes para el hidrógeno verde son

considerablemente ambiciosos cuando se tiene en cuenta que el electrolizador mundial más grande operativo sólo es capaz de producir 10 MW.

El hidrógeno verde está siendo objeto de gran interés en los últimos años, por lo que en este boletín aparecen diversas noticias, eventos, artículos científicos y patentes relacionadas con esta temática.



— 02

Actualidad

*Recopilación de las noticias más relevantes de la actualidad nacional e internacional
en materia de descarbonización industrial*

24/05/2022

España atrae uno de cada cinco proyectos de hidrógeno a nivel mundial

Los primeros meses del 2022 presentan un futuro prometedor para España en lo referente al hidrógeno verde, ya que uno de cada cinco proyectos relacionados con esta tecnología, a nivel mundial, se ubican en nuestro país. Esto es posible gracias a que todas las grandes compañías (Repsol, Iberdrola, Endesa...) han realizado grandes inversiones en esta tecnología, conscientes del potencial que representa. Además, la Asociación Española del Hidrógeno lleva veinte años trabajando en esta tecnología, desarrollando electrificadores que permiten generar el hidrógeno, por lo que España está preparada para abordar los ambiciosos proyectos que tiene previstos: instalar una potencia de 4 gigavatios (GW) e invertir unos 8.900 millones de euros entre capital público y privado, según indica Teresa Ribera, ministra para la Transición Ecológica.

Fuente: [ForoIndustria40](#)

22/05/2022

La geotermia reclama paso en las renovables

La energía geotérmica podría contribuir en gran medida a las necesidades actuales de calor y electricidad, pero no se está explotando de manera suficiente este recurso. A día de hoy sólo existen en España algunas pequeñas explotaciones que utilizan la energía geotérmica extraída de las capas más superficiales, pero es en la geotermia de las capas profundas de la Tierra donde realmente se podrían alcanzar cotas muy altas en cuanto a la generación de electricidad. Se trata de una fuente de energía renovable muy eficiente, pero no parece haber interés por su explotación, por lo que desde varias entidades se aboga por la colaboración público-privada para poner en marcha proyectos de este tipo, a la vez que se informa sobre sus ventajas y oportunidades.

Fuente: [El País \(Extra Energía\)](#)

Ursula Von Der Leyen: «España es líder mundial y europeo en energías renovables».

«Ha construido una red rica y diversa de proveedores de energía y se ha convertido en un país muy atractivo para la promoción del hidrógeno verde».

21/06/2022

NTT DATA crea la "ESTAINIUM Association" para promover la descarbonización industrial

La organización ESTAINIUM Association nace por iniciativa de NTT Data y está compuesta por 14 empresas, organizaciones y centros académicos afiliados (entre ellos Siemens o Merck), todos ellos líderes a nivel mundial en cuanto a medidas relacionadas con la descarbonización, especialmente en Europa. El objeto de esta organización es el de proporcionar un medio para compartir de forma segura la información de las emisiones de empresas de cualquier tipo y facilitar la compensaciones de emisiones de carbono. Se trata de una de las acciones que NTT DATA implementa bajo su estrategia corporativa que persigue obtener una neutralidad de carbono para el año 2050.

Fuente: [NTT DATA](#)

24/03/2022

Endesa X y AFEC se unen para impulsar la descarbonización en el sector empresarial

Endesa X y la Asociación de Fabricantes de Equipos de Climatización (AFEC) han firmado una alianza estratégica para impulsar la climatización eléctrica y sostenible en España. El objetivo es unir fuerzas para reducir la dependencia de los combustibles fósiles, especialmente en los sistemas de climatización, ya que representan más del 20% de las emisiones de CO₂ a nivel europeo.

Endesa X es una filial de servicios energéticos de ENDESA que dispone de diferentes soluciones innovadoras respetuosas con el medio ambiente y cuyo modelo de negocio se basa en convertir la energía en nuevas oportunidades en múltiples sectores.

Fuente: [ENDESA X](#)

08/04/2022

Hiperbaric suministra a Alemania el primer compresor español de hidrógeno verde para autobuses sostenibles

Hiperbaric es una empresa española pionera en el desarrollo de equipos de compresión de hidrógeno para industria y movilidad sostenible. Ha conseguido ser la primera empresa que exporte este tipo de tecnología al exterior; en concreto suministrará un compresor de tecnología 100% española para una estación de repostaje para autobuses sostenibles en Bielefeld (Alemania). Será utilizado para servir como fuente de energía a cuatro autobuses, que circularán las 24 horas del día.

Fuente: [Hiperbaric](#)

08/03/2022

El biometano se posiciona para ayudar en la descarbonización

Recientemente se ha puesto en marcha en Burgos la primera instalación industrial privada de biometano con conexión a la red gasista española, impulsada por UNUE (iniciativa surgida mediante un acuerdo entre Enagás y Suma Capital). El biometano (generado a partir del biogás) es una energía verde que se obtiene de los residuos, por lo que tiene un enorme potencial de cara a la descarbonización. De hecho, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico ha definido una Hoja de Ruta del Biogás que tiene como objetivo la reducción de 2,1 millones de toneladas de CO₂ equivalente al año hasta llegar a la neutralidad climática.

Fuente: [RETEMA \(Revista Técnica de Medio Ambiente\)](#)

13/06/2022

Pruebas piloto satisfactorias en la captura de carbono en Oslo

Oslo se está preparando para ser una ciudad de cero emisiones en 2030. Una de las iniciativas que tiene en marcha está relacionada con la captura del CO₂ de la incineración de los residuos de la ciudad ya que el 17% de sus emisiones a la atmósfera proviene de este proceso de incineración.

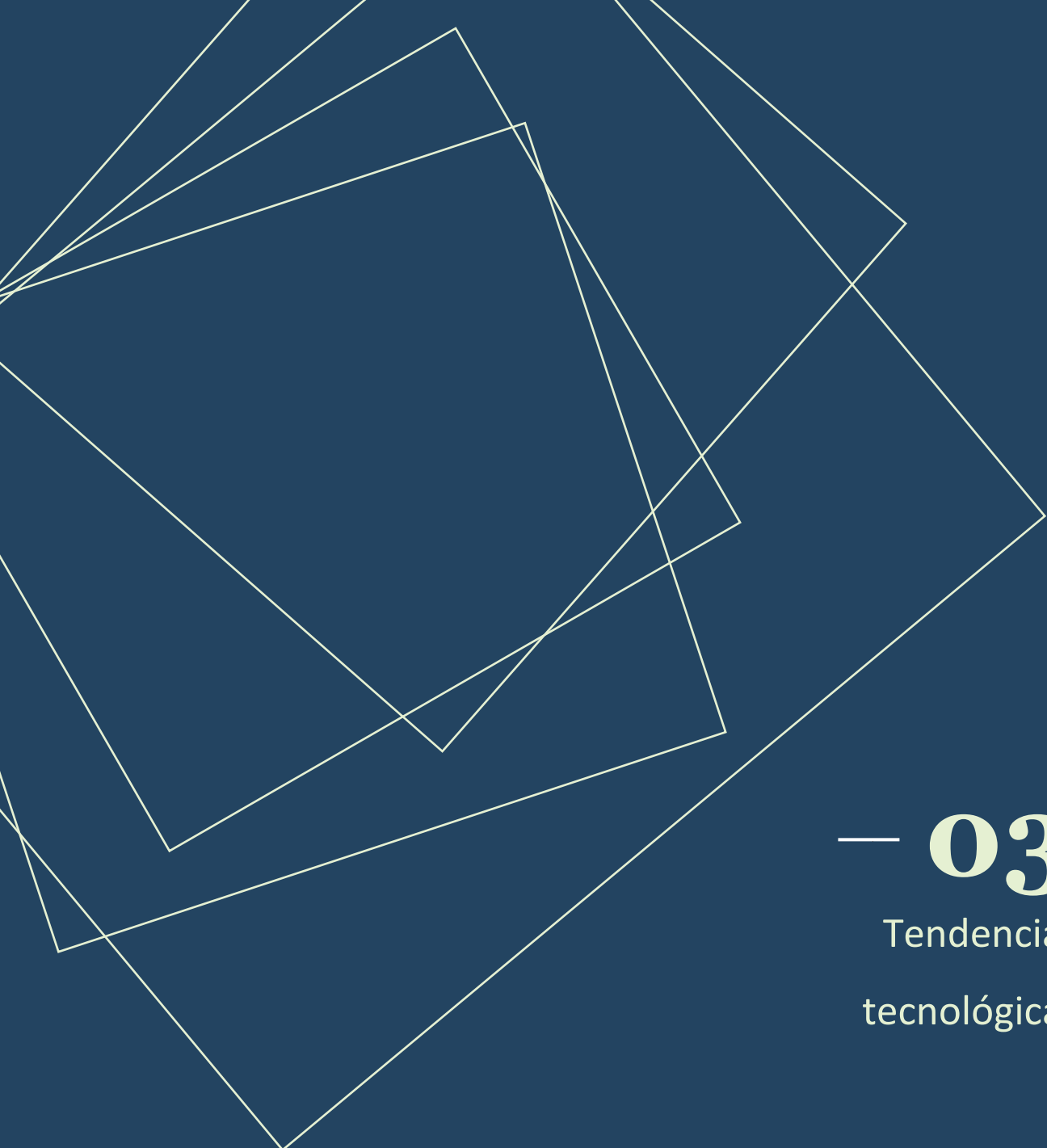
Actualmente se están realizando pruebas a menor escala, que han resultado satisfactorias con un 99% de CO₂ capturado. Se prevé que el proceso de captura de carbono en la planta real comenzará en 2026.

Fuente: [KlimaOslo](#)

Apunte de interés

La producción de hidrógeno verde tiene ciertos efectos negativos para el medio ambiente, así como un coste elevado. Para tratar de solucionar este inconveniente, Eurecat (Centro Tecnológico catalán) ha desarrollado un prototipo de un dispositivo impreso, flexible y ligero para la producción de hidrógeno verde, que ha conseguido replicar con la tecnología impresa la misma funcionalidad que las piezas convencionales pero con un coste e impacto medioambiental mucho menor.

Fuente: [Eurecat](#)



— 03

Tendencias tecnológicas

Nuevas patentes, prototipos y resultados de investigación.

Nº de Publicación: EP3988502A2
Fecha: 27/04/2022

Planta de hidrógeno con alta captura de CO₂

Dada la demanda existente en la actualidad para una producción de hidrógeno competitiva, se están realizando diferentes avances para optimizar la producción en las plantas de hidrógeno. Esta patente plantea la provisión de una planta o proceso de hidrógeno con unos costes de inversión y de operación menores que las plantas actuales y con una reducción de las emisiones totales de CO₂, todo ello sin comprometer la eficiencia energética.

La patente describe las diferentes fases por las que debería pasar la planta: en primer lugar los hidrocarburos de entrada pasan a una zona de reformado donde se genera un primer flujo de gas de síntesis. A continuación dicho flujo atraviesa dos fases de síntesis más, al final de las cuales se pasa a una sección de purificación de hidrógeno que genera un flujo rico en hidrógeno y un primer flujo de salida de gas. El flujo rico en hidrógeno resultante está compuesto por más de un 85% de hidrógeno y contiene una baja cantidad de hidrocarburos (menos del 5%).

Número de publicación: EP3971325A1
Fecha: 23/03/2022

Sistema para generación de H₂ y captura de CO₂

El método de electrólisis del agua para producir hidrógeno verde presenta varias complicaciones:

- La eficiencia del proceso de conversión es baja (alrededor del 65%)
- Tiene un alto coste, debido a la necesidad de disponer de conductos específicos para separar el hidrógeno (H₂) y el oxígeno (O₂) generados en el proceso.

Esta patente presenta un método para resolver estos problemas evitando la producción de oxígeno en el ánodo, evitando de este modo la producción simultánea del hidrógeno y del oxígeno. Se consigue también aumentar la tasa de producción de hidrógeno mediante la supresión de la reacción para la creación de oxígeno, que resultaba ser muy lenta y limitante para el resto de procesos. Presenta una arquitectura de electrodos más simple que la existente actualmente en los electrolizadores, lo cual conlleva reducción de costes de fabricación y operación.

Número de publicación: EP3934046A1
Fecha: 05/01/2022

Método para determinar la combinación óptima de energía para un sitio de producción de energía renovable híbrida

El uso de energías renovables en una industria trae consigo determinados problemas relacionados con el proceso de obtención de cada fuente de energía que puede derivar en instalaciones que no son rentables. Esto es debido a que hay una falta de herramientas prácticas para la planificación del uso de energías renovables mixtas o híbridas. De este modo, esta patente trata de proporcionar un método que pueda utilizarse para la simulación de la potencia de salida y la producción de energía en una industria de energías renovables. Además, se define un método de cálculo para identificar la combinación óptima (en términos de cantidad de energía y tiempo) de las diferentes fuentes de energía renovable teniendo en cuenta los recursos naturales disponibles en cada localización específica.

Número de publicación: ES1292212
Fecha: 24/06/2022

Estructura de soporte de paneles solares bifaciales y planta solar que comprende dicha estructura

Los paneles fotovoltaicos bifaciales cuentan con placas solares con funcionamiento en ambas caras, de modo que permiten captar más cantidad de radiación solar. No obstante, presentan una serie de problemas técnicos importantes a la hora de su instalación: imposibilidad de elevar en una altura suficiente el lado que no recibe directamente la luz solar y presencia de sombras generadas por los propios elementos de la instalación (cables, elementos de fijación...). De este modo, la presente invención solventa los problemas anteriores mediante la combinación de una estructura fija con un diseño que optimice el aprovechamiento de los paneles bifaciales. Con esta configuración se aumenta la radiación solar que se puede captar en la parte posterior de los módulos fotovoltaicos, incrementando la producción de energía eléctrica del panel, sin que sea necesario modificar la orientación de los paneles a lo largo del día.

Resultados de investigación

Estudio de modelización de las condiciones del proceso de la planta de postcombustión para facilitar los niveles de captura del 95-99% de CO₂ de los gases de combustión de las turbinas de gas

Michailos, S., & Gibbins, J. (2022). A Modelling Study of Post-Combustion Capture Plant Process Conditions to Facilitate 95–99% CO₂ Capture Levels From Gas Turbine Flue Gases. *Frontiers in Energy Research*, 341.

Esta publicación plantea los principales procesos a llevar a cabo para conseguir aumentar hasta un 99% los niveles de captura en las plantas de captura post-combustión de aminas para los gases de combustión de las turbinas de gas de ciclo combinado. Para ello se planteó un modelo de la planta, el cual teniendo en cuenta datos de termodinámica y cinética, arroja resultados que indican que es posible alcanzar niveles de captura elevados, de hasta el 99%, con un aumento moderado de las penalizaciones energéticas cuando se utiliza una altura de empaquetamiento suficiente.

Determinación del coste de producción y transporte del H₂ a escala mundial

Collis, J., & Schomäcker, R. (2022). Determining the Production and Transport Cost for H₂ on a Global Scale. *Front. Energy Res*, 10, 909298.

La industria (especialmente el sector del acero y el sector químico) necesita reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero, por lo que el hidrógeno se presenta como una alternativa con el potencial de sustituir a los combustibles fósiles que son los que mayoritariamente se utilizan en la actualidad. Este artículo evalúa diferentes parámetros de toda la cadena de suministro (zona de producción, transporte...) del hidrógeno para obtener una simulación de su coste total. Mediante una simulación de Monte Carlo se ha conseguido que cualquier empresa pueda conocer cuál sería el coste mínimo para obtener hidrógeno: dónde se generaría y la ruta y medio de transporte óptimos hasta la planta.

Aceleración de la neutralidad energética desde la perspectiva de la optimización de un sistema de captura y utilización de carbono

Hao, Z., Barecka, M. H., & Lapkin, A. A. (2022). Accelerating net zero from the perspective of optimizing a carbon capture and utilization system. *Energy & Environmental Science*, 15(5), 2139-2153.

Este artículo plantea un sistema de captura y utilización de carbono sin la intervención de otras energías renovables y se evalúan sus emisiones de gases de efecto invernadero. El sistema consta de 4 niveles, en los que se han modelado los subsistemas mediante digitalización y técnicas de aprendizaje automático.

El artículo investiga cómo aumentar el rendimiento del sistema, para lo cual se establece un marco de optimización en términos económicos y medioambientales y se obtiene como resultado una reducción de emisiones de gases de efecto invernadero del 13% respecto al proceso convencional. Se obtiene también el dato de que la calefacción es el factor que más contribuye a estas emisiones, con un 60%.

NetZeroCities

El proyecto NetZeroCities ha sido diseñado para ayudar a las ciudades a superar las actuales barreras estructurales, institucionales y culturales a las que se enfrentan para lograr la neutralidad climática en 2030. Este reto no es sencillo, y requerirá cambios profundos y sistémicos para los que serán necesarias acciones en diversos ámbitos y para las que el gobierno, la industria, las instituciones educativas e investigadoras y las organizaciones cívicas deben trabajar de manera conjunta.

NetZeroCities se basa en la necesidad de desarrollar estrategias específicas para cada ciudad, que se adapten a los contextos locales y regionales. Uno de los primeros resultados de este proyecto es la recopilación en un informe de las principales necesidades y barreras respecto a la neutralidad climática que tienen las ciudades. Para ello se ha contado con una muestra de 64 ciudades participantes de 25 países con diferentes tamaños y grados de neutralidad climática conseguida.



Figura 4: Principales barreras identificadas por las ciudades. Fuente: NetZeroCities

Este proyecto apoya a la Misión de la UE denominada “Ciudades inteligentes y climáticamente neutras”, que pretende conseguir 100 ciudades climáticamente neutras para 2030. Se presentaron un total de 377 y tras un proceso de evaluación, la UE seleccionó a las 100 ciudades elegidas, que representan a los 27 Estados Miembro, y otras 12 ciudades provienen de países asociados o en proceso de asociarse a la UE. Ciudades españolas elegidas: Barcelona, Madrid, Sevilla, Valencia, Valladolid, Vitoria-Gasteiz y Zaragoza. El listado completo de las ciudades puede consultarse [en este enlace](#).

Green Hysland

El objetivo del proyecto europeo Green Hysland es el despliegue de un ecosistema de hidrógeno abarcando toda su cadena de valor en Mallorca. En el contexto de este proyecto se desarrollarán también las infraestructuras necesarias para la producción de hidrógeno verde a partir de energía solar y su distribución a los usuarios finales, entre los que se contemplan diversidad de sectores. El despliegue principal se realizará en Mallorca pero existirán modelos de negocio y replicación en otras cinco islas de la Unión Europea: Madeira (Portugal), Tenerife (España), Aran (Irlanda), Islas Griegas y Ameland (Países Bajos) así como en Chile y Marruecos.

Se trata de un proyecto ambicioso que describe también una hoja de ruta para 2050 en la que define una economía del hidrógeno en el contexto de las Islas Baleares y alineado con los objetivos nacionales para 2050.

Para llevar a cabo este proyecto se han unido 30 socios, entre los que se encuentran grandes empresas relevantes del sector, como Enagas y Acciona así como el Centro Nacional del Hidrógeno.

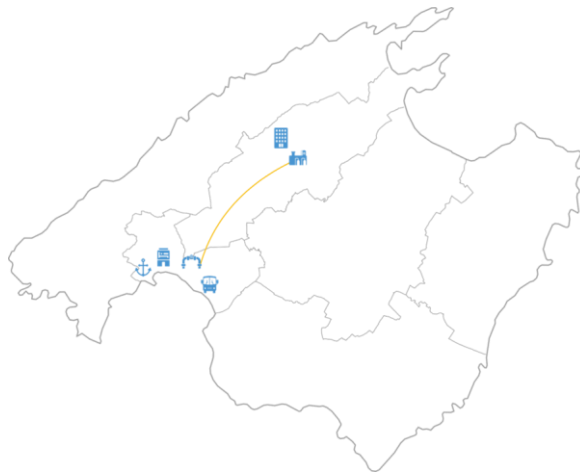


Figura 5: Localizaciones de las infraestructuras de Green Hysland en Mallorca. Fuente: [Green Hysland](#).

Proyecto financiado por el Clean Hydrogen Partnership a través del Programa H2020 de la Unión Europea.

Proyecto ZEPPELIN

El [proyecto Zeppelin](#) propone alternativas a la electrólisis como método de producción de hidrógeno verde, realizando una valorización de residuos y subproductos de diferentes sectores con el objetivo de mejorar los costes y la eficiencia de la producción del hidrógeno.

Aqualia es la encargada de liderar este proyecto junto con otras siete empresas claves en la cadena de valor del hidrógeno en España (Repsol, Naturgy, Redexis, Reganosa, Norvento, Perseo y Técnicas Reunidas) y nueve organismos de investigación.

El proyecto instalará varios pilotos en la ciudad de Algeciras y pretende revalorar más de 99 millones de toneladas de residuos y 50 millones de toneladas de aguas residuales municipales.

Proyecto financiado por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), en el marco de la convocatoria 2021 del Programa MISIONES CIENCIA E INNOVACIÓN (Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia).

Proyecto HARARE

El objetivo del [proyecto HARARE](#) es la creación de vías sostenibles para la producción de metales no ferrosos utilizando el hidrógeno como elemento facilitador. Se trata de una solución innovadora que es fundamental para eliminar los residuos y valorizar los materiales en procesos libres de carbono.

Los metales no ferrosos son la materia prima para la industria metalúrgica, que fue responsable en 2017 de la emisión de 70 millones de toneladas de CO₂ a la atmósfera. De este modo, HARARE conseguirá un gran impacto en la industria metalúrgica reduciendo sus emisiones drásticamente mediante un uso eficiente de los materiales.

El proyecto lo lleva a cabo un consorcio formado por 10 socios industriales y de investigación de 4 países europeos.





— **04**
Agenda

Congresos, ayudas, modificaciones normativas y otros hitos relevantes del calendario del sector industrial en materia de descarbonización industrial

Decarb Connect Europe

Amsterdam, 21-23/06/2022

El congreso Decarb Connect, considerado como el evento más importante en términos de descarbonización industrial de Europa reunió a más de 200 conferenciantes para exponer diferentes aspectos relacionados con la descarbonización.

Se debatieron temas como el hidrógeno verde, se expusieron diversos proyectos y se plantearon aspectos de políticas.

Los asistentes al congreso pudieron realizar también una visita al Hydrogen Hub de Ámsterdam, así como ver de primera mano diversas iniciativas y proyectos de la ciudad para la descarbonización (en este documento se resumen los aspectos más relevantes del congreso).

Cumbre de la Energía Limpia

Bruselas, 29/03/2022

La Cumbre de la Energía Limpia 2022 (Clean Energy Summit) ha reunido a representantes de la política, la empresa y el mundo académico para abordar la transición energética limpia en medio de los actuales desafíos a los que se enfrenta Europa.

Se han tratado temas como la descarbonización del transporte por carretera, la economía circular o el hidrógeno como solución para la descarbonización del mercado del gas. Se ha abordado también el tema de las energías renovables en Europa: la Directiva de Energías Renovables se encuentra en revisión ya que la Unión Europea pretende aumentar el porcentaje de energía procedente de este tipo de fuentes del 32% al 40% en 2030.

En el siguiente enlace pueden visualizar los vídeos de la sesión.



Próximamente

Semana Europea del Hidrógeno 2022

Bruselas, 24-28/10/2022

La Semana Europea del Hidrógeno es el mayor acontecimiento anual dedicado al hidrógeno, con una serie de grandes eventos en torno al mismo. La semana cuenta con la cooperación y el esfuerzo común del Clean Hydrogen Partnership y sus miembros: la Comisión Europea, Hydrogen Europe e Hydrogen Europe Research.

Los eventos más destacables de la semana son los siguientes:

- Evento y exposición insignia de Hydrogen Europe, donde los asistentes podrán descubrir todo lo relacionado con las soluciones, tendencias y enfoques emergentes basados en el hidrógeno en el sector energético mundial. El evento contará con una zona de exposición y conferencias.
- Conferencia de políticas, donde se abordará expresamente el tema de los valles de hidrógeno en el marco de la estrategia REPowerEU.
- Conferencia de políticas, donde se abordará expresamente el tema de los valles de hidrógeno en el marco de la estrategia REPowerEU.
- Los Clean Hydrogen Awards, que premian a los mejores proyectos europeos en el ámbito del hidrógeno.
- Eventos paralelos. Por primera vez se incluye la celebración de eventos paralelos en cualquier punto de Europa. El plazo para presentar la propuesta de organización de un evento de este tipo continúa abierto hasta el día 30 de septiembre.



Próximamente

Premios EIT

Bruselas, 11/10/2022

Los Premios EIT se convocan anualmente por parte de la EIT (European Institute of Innovation and Technology) para reconocer los diferentes logros de personas emprendedoras que han contribuido a mejorar Europa.

Este año los aspectos relacionados con la descarbonización y el clima están muy presentes ya que tres de los nominados han trabajado conjuntamente con el EIT Climate-KIC para desarrollar sus proyectos.

Una de estas personas nominadas es Andrea Barber Lazcano, española y CEO de RatedPower, un software basado en la nube que realiza el diseño, la ingeniería y la optimización de planes solares a gran escala en cuestión de segundos. Compite en el premio del Liderazgo Femenino, que reconoce el trabajo extraordinario y los logros conseguidos por grandes mujeres de la comunidad EIT.

Los ganadores se anunciarán el 11 de octubre en el congreso de la EIT en Bruselas.



Carbon Capture Technology EXPO

Carbon Capture Technology EXPO

Messe Bremen, 19-20/10/2022

La [Carbon Capture Technology Expo](#) europea está dedicada a las oportunidades en la Captura, Utilización y Almacenamiento de Carbono en la transición hacia una economía neutra de carbono. En este evento se dan cita representantes de todo tipo de organizaciones interesadas (ingenierías, empresas químicas, grupos de investigación...).

La exposición se divide en 5 temáticas: producción de hidrógeno baja en carbono, infraestructura e integración de sistemas, Diseño, desarrollo y manufactura de combustible basado en hidrógeno, e-combustibles y propulsión a base de hidrógeno, además, de la temática generalista sobre la captura, utilización y almacenamiento de carbono.

Hoja de Ruta del Biogás

La "Hoja de Ruta del Biogás" sirve como instrumento para articular lo establecido en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC 2021-2030) y en la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de Cambio Climático y Transición Energética.

Los objetivos recogidos en el PNIEC se alinean con los fijados por la Unión Europea en su programa "Fit for 55", que pretende la reducción de emisiones de un mínimo de un 55% en 2030, respecto a los niveles de 1990, con la pretensión de alcanzar la neutralidad climática en la Unión en 2050, conforme a los objetivos de París.

El documento íntegro de la Hoja de Ruta puede consultarse en [este enlace](#).

En marzo de 2022 el [Gobierno de España publicó la "Hoja de Ruta del Biogás"](#) en la que se identifican los retos y oportunidades para el pleno desarrollo del biogás a nivel nacional.

Se plantean 45 líneas de acción en cinco áreas estratégicas (instrumentos regulatorios, sectoriales, económicos, transversales e Impulso a la I+D+i) y pretende actualizarse cada 3 años.

El biogás es un gas renovable que puede ser generado a partir de diversos métodos y con diferentes materias primas de origen biológico, pero la Hoja de Ruta se centra en el biogás producido mediante la digestión anaerobia (en ausencia de oxígeno) y se limita al tratamiento de materia orgánica procedente de diferentes tipos de residuos o materiales de origen agropecuario.

La principal ventaja del biogás es que su producción y consumo es climáticamente neutra bajo ciertas condiciones y favorece la economía circular, ya que se genera a partir de residuos orgánicos.

Esta hoja de ruta plantea una Visión a 2030 y 2050 en línea con el Marco Estratégico de Energía y Clima del Gobierno de España:

- En 2030 se establece un objetivo mínimo de producción de biogás de 10,41 TWh anuales, lo cual supondría multiplicar la producción del año 2020 por 3,8. Estos valores contribuirán a que España alcance diversos objetivos que debe cumplir en los próximos años en aspectos energéticos, como el uso de un 28% de energías renovables en el transporte (PNIEC 2021-2030).

- En 2050 el papel del biogás vendrá determinado en gran parte por su grado de implantación en la economía circular, planteándose una reducción de emisiones no energéticas de gases de efecto invernadero del 53% en el sector primario respecto a 1990.

REPowerEU

En marzo de 2022 la Unión Europea publicó la denominada REPowerEU, una acción conjunta europea que pretende disponer de energía más sostenible, segura y asequible. Esta iniciativa viene derivada por la invasión de Ucrania por parte de Rusia, ya que su objetivo principal es conseguir la independencia de Europa de los combustibles rusos antes de 2030, ante la gran situación de inestabilidad generada.

Las principales medidas adoptadas se pueden consultar en el FactSheet publicado por la Unión Europea, entre las que destacan las siguientes:

- Incrementar la instalación de paneles solares en los tejados de los hogares europeos
- Acelerar la concesión de permisos a las energías renovables para minimizar el tiempo de despliegue de los proyectos
- Diversificar los proveedores de gas para evitar la dependencia del gas ruso
- Descarbonizar la industria acelerando el cambio a la utilización de hidrógeno verde
- Generar el doble de biometano previsto a partir de los residuos
- Desarrollo de un acelerador de hidrógeno para reducir la demanda del gas ruso.



REPowerEU: Joint European action for more affordable, secure and sustainable energy



PERTE de energías renovables, hidrógeno verde y almacenamiento

El PERTE de energías renovables, hidrógeno verde y almacenamiento (PERTE ERHA) fue aprobado en el Consejo de Ministros en diciembre de 2021 y supone la movilización de 6.920 millones de euros del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. Además de generar la infraestructura y los desarrollos necesarios para avanzar en la transición energética de nuestro país, permite reducir nuestra dependencia energética exterior.

En el ámbito del PERTE ERHA se han lanzado durante los primeros meses de 2022 las siguientes convocatorias de ayudas, cuyo plazo terminó recientemente:

- [Primera convocatoria de ayudas para proyectos innovadores de I+D de almacenamiento energético:](#) destinado a proyectos relativos al despliegue del almacenamiento, y el consiguiente desarrollo de los sistemas de almacenamiento y capacidad instalada.
- [Programa de incentivos 1: Capacidades, Avances Tecnológicos e implantación de líneas de ensayo y/o fabricación:](#) destinado a proyectos enfocados a uno de los eslabones de la cadena tecnológica del hidrógeno renovable, desde la producción hasta su uso final.
- [Programa de incentivos 2: Diseño, demostración y validación de movilidad propulsada por hidrógeno:](#) destinado a proyectos de diseño y desarrollo de movilidad en general, con especial interés en industria pesada, propulsada por hidrógeno incluyendo destinos tales como la carretera, el ferroviario, marítimo o aéreo.
- [Programa de incentivos 3: Grandes demostradores de electrólisis y proyectos innovadores de producción de hidrógeno renovable:](#) destinado a proyectos demostradores de electrólisis a gran escala y la industrialización de electrolizadores para producir hidrógeno renovable, el despliegue de soluciones y su integración completa en contextos industriales.
- [Programa de incentivos 4: Retos de investigación básica-fundamental, pilotos innovadores y la formación en tecnologías habilitadoras:](#) destinado a proyectos de innovación en toda la cadena de valor del hidrógeno renovable.

Ayudas a proyectos singulares de instalaciones de biogás

El MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico) abre la primera convocatoria de ayudas para proyectos singulares de instalaciones de biogás.

Esta ayuda se otorgará en forma de subvención a los beneficiarios, que pueden presentar la solicitud desde el 12 de septiembre hasta el 14 de octubre de 2022. Dispone de un presupuesto global de 150 millones de euros.

Los proyectos a presentar deben finalizar antes de 2025 y deben plantear una instalación de biogás nacional que favorezca la descarbonización de distintos sectores de la economía, estando siempre alineados con los objetivos del PNIEC 2021-2030

Las bases de la convocatoria pueden consultarse en el [siguiente enlace](#).

Convocatoria de propuestas del Clean Hydrogen Partnership

A nivel europeo, el Partenariado para el Hidrógeno Limpio (Clean Hydrogen Partnership) lanzó a principios de 2022 una convocatoria de proyectos de investigación para la creación de tecnologías disruptivas relacionadas con el hidrógeno.

La convocatoria se divide en un total de 41 temas, de los que 10 están relacionados con la producción de hidrógeno con fuentes renovables y 11 temas se enfocan en el almacenamiento y distribución del hidrógeno. Se dispone de un total de 300 millones de euros, finalizando el plazo de solicitud el 20 de septiembre de 2022. Estas convocatorias se rigen por las normas de los proyectos de Horizonte Europa.

The background features several overlapping, thin, dark blue geometric lines that form various polygons and shapes, creating a modern, abstract design.

Just in Time

El papel privilegiado de España en la producción de hidrógeno verde

Las grandes iniciativas HyDeal España y la planta de hidrógeno verde de Iberdrola en Puertollano convierten a España en un referente mundial.

La producción de hidrógeno verde es ya una realidad en España gracias a diversos proyectos existentes, de los que destacamos dos por su gran potencial: la iniciativa HyDeal España y la planta de hidrógeno verde de Puertollano.

HyDeal Ambition es una plataforma industrial que reúne a 30 empresas que cubren toda la cadena de valor del hidrógeno verde: generación de energía solar, fabricación de electrolizadores, ingeniería de proyectos, transporte y almacenamiento de gas, aplicaciones industriales en acero, productos químicos y energía, financiación de deuda y de capital.

HyDeal Ambition tiene como objetivo producir 3,6 millones de toneladas de hidrógeno verde en 2030 con 95 GW de energía solar y 67 GW de capacidad de electrolizadores, en un sistema integrado de producción y distribución que abarca desde España hasta Francia y Alemania. En un informe de enero de 2022, la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) lo calificó como el mayor proyecto de hidrógeno verde del mundo.



Figura 6: Entidades que componen HyDeal (Fuente: HyDeal Ambition)

En este marco nace en febrero de 2022 HyDeal España, convirtiéndose en la primera implementación industrial de la plataforma HyDeal Ambition, gracias al impulso de compañías como ArcelorMittal, Enagás, Grupo Fertiberia y DH2 Energy. Posteriormente, en mayo de 2022, cuatro grandes empresas (Técnicas Reunidas, VINCI Construction, PowerChina Guizhou Engineering y TSK) se unieron al consorcio.

Se trata de un proyecto en sus fases iniciales, y comenzará su despliegue por la mitad norte de España (en la Figura 7 se puede observar las diferentes localizaciones previstas); en concreto se pretende comenzar la producción en 2025 destinada a grandes complejos industriales asturianos (ArcelorMittal y Fertiberia).

El objeto planteado es el de contar con una capacidad instalada total de 9,5 GW que suministrará energía eléctrica a 7,4 GW de potencia de electrólisis para el 2030. De este modo, HyDeal planea suministrar el equivalente al 5 % del gas natural importado por España.

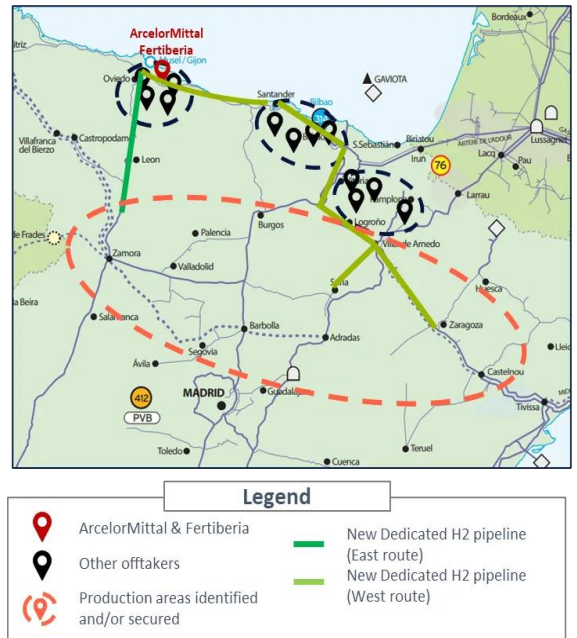


Figura 7: Entidades que componen HyDeal (Fuente: [HyDeal Ambition](#))

"HyDeal España es la primera implementación concreta del modelo de hidrógeno verde con un coste de 1,5 €/kg anunciado en febrero de 2021. Lanzamos un mensaje histórico a todos los usuarios de energía: el hidrógeno verde no se trata solo de proyectos pequeños, locales y con gran coste. Ahora es un producto completo, capaz de competir con el carbón, el petróleo y el gas natural tanto en coste como en volúmenes. Es el arma perfecta a gran escala contra la crisis climática y los precios vertiginosos de la energía".

Thierry Lepercq, presidente de la plataforma y portavoz de HyDeal Ambition

Además de HyDeal España, la planta de hidrógeno verde de Puertollano (Ciudad Real) tiene un papel fundamental en las previsiones de producción de hidrógeno verde en España en los próximos años. Esta planta es propiedad de Iberdrola y está considerada como la mayor planta de hidrógeno verde para uso industrial en Europa. Su puesta en marcha ha sido muy reciente ya que fue inaugurada por Su Majestad el Rey en mayo de 2022. Está integrada por una planta solar fotovoltaica de 100 MW que le proporciona la energía necesaria, generando cero emisiones de CO₂. Cuenta con un sistema de baterías de ion-litio con una capacidad de almacenamiento de 20 MWh y un sistema de producción de hidrógeno mediante electrólisis de 20 MW (siendo uno de los mayores del mundo).

Se espera que tenga una producción anual de unos 156.000 MWh. La interrelación entre todos estos componentes está representada en la Figura 8, donde se puede observar que el destinatario final de la energía producida por el hidrógeno es la planta de fertilizantes de Fertiberia. Aquí se empleará para producir amoniaco verde, la materia prima para la fabricación de fertilizantes libres de emisiones.

Con este cambio en el modo de producción, Fertiberia se convertirá en la primera compañía europea de su sector que desarrolla una experiencia a gran escala de generación de amoniaco verde.

El impacto esperado en el medio ambiente es muy importante: se espera evitar la emisión de 78.000 toneladas de CO₂ al año y generar 3.000 toneladas de hidrógeno verde anuales.

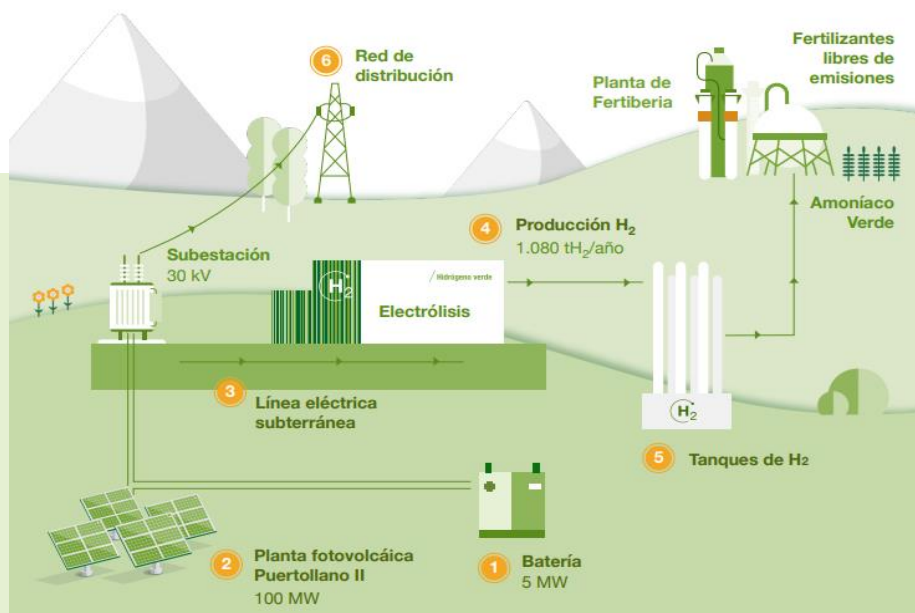


Figura 8: Funcionamiento de la planta de hidrógeno verde de Puertollano (Fuente: [Infografía de Iberdrola](#))

Cuenta atrás: 2050

Estamos ante una cuenta atrás. Según la Agencia Europea de Medio Ambiente, en 2015 la Unión Europea fue el tercer emisor de gases de efecto invernadero más grande del mundo, después de China y EEUU y solo restan 38 años para convertir Europa en el primer continente climático neutro en el año 2050 y aun no nos hemos acercado a la mitad del objetivo de reducción de gases de efecto invernadero.

Las crisis globales derivadas de las consecuencias de la pandemia COVID-19 y la crisis energética por la Guerra de Ucrania han supuesto, según el último informe del Centro para la Investigación sobre Energía y Aire Limpio – CREA, un incremento de los objetivos relativos a energías renovables por parte de todos los gobiernos de la UE.

Si bien representa un paso significativo hacia la creación de un marco legislativo para cumplir los objetivos climáticos de Europa, el camino por recorrer para lograr la descarbonización industrial es largo y está lleno de incertidumbres.

Tal y como hemos visto en este boletín, son 4 los pilares transversales de la descarbonización: la eficiencia energética; la electrificación industrial; los combustibles bajos en carbono, las materias primas y las fuentes de energía y la captura, utilización y almacenamiento de carbono.

Estos pilares son complementarios y aplicables a todos los sectores y en su avance alcanzar el objetivo de 2050 al mismo tiempo que, a corto plazo, favorecen la disminución de la intensidad de las emisiones de GEI de la red eléctrica, se desarrollan tecnologías innovadoras y se abordan las fuentes de emisión más difíciles de reducir.

Para Europa, descarbonizar sus operaciones industriales requiere un enfoque holístico donde las tecnologías se implementen en la etapa correcta del viaje de transición energética en el sector más adecuado. Para ello, el sector industrial tiene un papel vital en la transformación hacia una economía climáticamente neutra donde la investigación, el desarrollo y la innovación son imprescindibles. En este sentido es fundamental:

- Continuar avanzando en I+D+D en etapa inicial: se necesita más ciencia aplicada para lograr emisiones netas de carbono cero para 2050.
- Invertir en múltiples estrategias de procesos: continuar caminos paralelos de electrificación, eficiencia, combustibles bajos en carbono, CCUS y enfoques alternativos.
- Escalar los resultados de investigación a través de demostraciones: demuestre bancos de pruebas para acelerar y reducir el riesgo de implementación.
- Abordar el proceso de calentamiento: la mayoría de las emisiones industriales provienen de la quema de combustible para calor.
- Integrar soluciones: centrarse en el impacto de los sistemas de las tecnologías de reducción de carbono en la cadena de suministro.
- Llevar a cabo análisis de modelos/sistemas: ampliar el uso de análisis de ciclos de vida e impacto económico.

Este boletín continuará vigilando los avances científico tecnológicos entorno a la descarbonización industrial.

Créditos

DIRECCIÓN:

EOI Escuela de Organización Industrial
Fundación EOI F.S.P.
C/ Gregorio del Amo, 6
28040 Madrid
Tel: 91 349 56 00
www.eoi.es



ELABORADO POR:

Fundación CTIC
Centro Tecnológico para el desarrollo en Asturias de
las Tecnologías de la Información y la Comunicación
www.fundacionctic.org



Esta publicación está bajo licencia *Creative Commons* Reconocimiento, Nocomercial, Compartirigual, (by-nc-sa). Usted puede usar, copiar y difundir este documento o parte del mismo siempre y cuando se mencione su origen, no se use de forma comercial y no se modifique su licencia. Más información: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>



Boletines

DE

Vigilancia
Tecnológica

CEPI Centro de
Estrategia
y Prospectiva
Industrial