



Universidad Pontificia Comillas, ICADE

EL HIDRÓGENO VERDE EN ESPAÑA Y LA IMPORTANCIA DE LAS EMPRESAS ENERGÉTICAS EN SU DESARROLLO: CLAVES PARA UN MODELO DE NEGOCIO SOSTENIBLE

Autor: Sara Gutiérrez Fernández
Director: Carmen Escudero Guirado

MADRID | Junio 2023

RESUMEN

El cambio climático es ya una realidad y está suponiendo subidas alarmantes en las temperaturas, una mayor escasez de agua y alteraciones en los patrones climáticos. Su principal causa es la emisión de gases de efecto invernadero ligados a la actividad humana. El sector de la energía es actualmente uno de los agentes con mayores emisiones por su actividad empresarial. En este sentido, se están buscando nuevas alternativas para lograr una transición energética que favorezca una economía libre de emisiones. Así pues, se coloca al hidrógeno verde como una solución clave para cumplimentar con los objetivos de descarbonización fijados desde la Unión Europea y a España como agente estratégico en la producción de este tipo de energía por sus favorables características climáticas. Sin embargo, aún faltan esfuerzos para poder lograr una economía basada en hidrógeno verde.

¿Cuáles son las principales variables del modelo de negocio del hidrógeno verde necesarias para poder lograr un modelo de negocio sostenible y rentable? ¿Están realmente invirtiendo las empresas energéticas por el desarrollo del hidrógeno renovable? En este Trabajo de Fin de Grado se estudia el modelo de negocio que está adoptando el hidrógeno verde a través de un Business Model Canvas para lograr identificar qué acciones son clave para lograr un modelo de negocio sostenible en torno al hidrógeno renovable y el papel de las empresas energéticas en su desarrollo.

Palabras Clave: Hidrógeno verde, energías renovables, cambio climático, emisiones, empresas energéticas, transición energética

ABSTRACT

Climate change is already a harsh reality and is leading to alarming rises in temperatures, increased water scarcity and alterations in weather patterns. Its main cause is the emission of greenhouse gases linked to human activity. The energy sector is currently one of the major emitters due to its business activity. In this sense, new alternatives are being sought to achieve an energy transition that favours an emission-free economy. Hence, green hydrogen is seen as a key solution for complying with the decarbonisation objectives set by the European Union and Spain as a strategic agent in the production of this type of energy due to its favourable climatic characteristics. However, efforts are still needed to achieve an economy based on green hydrogen.

What are the main variables necessary in the green hydrogen business model in order to achieve a sustainable and profitable business model? Are energy companies really investing in the development of renewable hydrogen?

This Final Degree Project studies the business model that green hydrogen is adopting through a Business Model Canvas in order to identify which actions are key to achieve a sustainable business model based on renewable hydrogen and the role of energy companies in its development.

Keywords: Green hydrogen, renewable energies, climate change, emissions, energy companies, energy transition

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	5
1.1.	CONTEXTUALIZACIÓN.....	5
1.2.	METODOLOGÍA.....	6
1.3.	OBJETIVOS	7
1.4.	ESTRUCTURA.....	8
2.	EL HIDRÓGENO VERDE	9
2.1.	EL HIDRÓGENO VERDE COMO VECTOR ENERGÉTICO	9
2.2.	ESTADO ACTUAL Y RESPALDO DE LA UNIÓN EUROPEA A LAS ENERGÍAS RENOVABLES	12
2.3.	EL RESPALDO DE LA UNIÓN EUROPEA AL HIDRÓGENO VERDE.....	16
2.4.	EL ESTADO ACTUAL DEL HIDRÓGENO VERDE EN ESPAÑA	19
2.5.	ESTADO ACTUAL DEL SECTOR ENERGÉTICO	22
3.	CLAVES PARA UN MODELO DE NEGOCIO SOSTENIBLE EN TORNO AL HIDRÓGENO VERDE.....	27
3.1.	SOCIOS CLAVES	28
3.1.1.	Socios Claves.....	28
3.1.2.	Proveedores Claves	32
3.2.	ACTIVIDADES CLAVE	37
3.2.1.	Inversiones en Investigación y Desarrollo (I+D).....	37
3.2.2.	Inversión en Infraestructura.....	38
3.2.3.	Incentivos y Políticas Fiscales	39
3.2.4.	Educación y Conciencia	39
3.2.5.	Creación de Alianzas y Sinergias	39
3.2.6.	Financiación	40
3.3.	RECURSOS CLAVE.....	41
3.3.1.	Recursos Tecnológicos.....	41
3.3.2.	Recursos para la obtención de Energías Renovables	46
3.3.3.	Recursos legislativos y políticos.....	47
3.4.	PROPUESTA DE VALOR	48
3.5.	SEGMENTOS DE CLIENTES.....	52
3.5.1.	Industria Química	52
3.5.2.	Industria Siderúrgica	54
3.5.3.	Industria Automovilística.....	55
3.6.	RELACIONES CON LOS CLIENTES	57
3.6.1.	Identificación del Target	57
3.6.2.	Argumentos de Venta.....	58
3.6.3.	Medios de Difusión.....	58
3.6.4.	Potenciación de las acciones comerciales	59
3.6.5.	Planificación y control de las actividades	60
3.7.	CANALES.....	60
3.7.1.	Red de hidrogeneras.....	60
3.7.2.	Inyección del hidrógeno en gasoductos	61
3.7.3.	Tuberías de hidrógeno.....	62
3.8.	ESTRUCTURA DE INGRESOS.....	63
3.9.	ESTRUCTURA DE COSTES.....	64
4.	CONCLUSIONES	66
5.	TRABAJOS CITADOS	69

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Cuota de emisiones de gases de efecto invernadero por modelo de transporte	14
Ilustración 2: Principales Objetivos del Pacto Verde Europeo.....	14
Ilustración 3: Resumen del respaldo y estado actual de la Unión Europea a las Energías Renovables.....	16
Ilustración 4: Objetivos según los horizontes temporales de la Estrategia Europea del Hidrógeno	17
Ilustración 5: Resumen del respaldo de la Unión Europea al Hidrógeno Verde	18
Ilustración 6: Porcentajes de contribución a los proyectos presentados al Programa H2 Pioneros según sus actuaciones	20
Ilustración 7: Distribución geográfica de los proyectos subvencionados en la convocatoria H2 Pioneros.....	21
Ilustración 8: Resumen del respaldo de España al hidrógeno verde	22
Ilustración 9: Resultado de la valoración de las empresas energéticas más valoradas en el ranking energético dentro de las cien empresas más valoradas a nivel nacional	23
Ilustración 10: Empresas más valoradas del sector energético a nivel mundial.....	24
Ilustración 11: El porcentaje de cuota de mercado de las principales empresas gasistas españolas.....	25
Ilustración 12: Beneficios de las principales energéticas españolas 2021-2022	26
Ilustración 13: Distribución de la red de hidrogeneras del proyecto de hidrógeno verde de Naturgy	33
Ilustración 14: Modelo del proyecto H2 Ports.....	36
Ilustración 15: Funcionamiento de una pila de combustible de hidrógeno	44
Ilustración 16: Gestión integral de la seguridad de un proyecto de hidrógeno verde.....	46
Ilustración 17: Comparativa del coste de producción del amoniaco frente al amoniaco verde	53
Ilustración 18: Modelos de vehículos ligeros comercializables propulsados por hidrógeno verde	55
Ilustración 19: Calendario de Ferias y Exposiciones filtrada por Biocombustibles-Hidrógeno	59
Ilustración 20: Distribución geográfica del corredor de hidrógeno del proyecto H2Med	62

1. INTRODUCCIÓN

1.1.Contextualización

Desde la Organización Meteorológica Mundial (2022), se ha alertado en la Cumbre del Clima de Egipto que los últimos siete años, a partir de 2015, han sido los más calurosos registrados hasta ahora, y la década comprendida entre 2011 y 2020 ha sido la más cálida de la historia. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC) en su artículo 1, define que el cambio climático es una modificación del clima que se relaciona, ya sea de forma directa o indirectamente, con la influencia humana y que provoca cambios en la descomposición de la atmósfera a nivel global y su calentamiento. Esto se debe a la emisión de gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso...) por diferentes actividades empresariales y sociales.

Además, se reconoce la vulnerabilidad de todos los países a los impactos del cambio climático y se solicitan acciones especiales para reducir las consecuencias, sobre todo por parte de los países desarrollados que cuentan con los recursos necesarios para iniciar mejores prácticas. Se incluye también en el marco de los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenibles) siendo el objetivo número 13: “Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos”. En este sentido, el objetivo principal es reducir las emisiones de gases a la atmósfera para poder frenar la retención de radiación en dicha capa gaseosa, y así, frenar las subidas de temperaturas que están causando escasez en las precipitaciones o subidas en los niveles del mar.

Desde la era industrial, ha habido un aumento en la cantidad de CO₂ (dióxido de carbono) y otros gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera. Estos gases son principalmente generados por el consumo de combustibles fósiles, como el carbón, el petróleo y el gas, en la producción de energía, el transporte y la industria (GobiernodeAragón, 2023). Además, el sector energético corresponde a más del 70% de las emisiones mundiales (Cobeña, 2020). En este sentido, se están buscando e implementando nuevas alternativas de energías renovables que contribuyan a mitigar las emisiones de gases en los consumos energéticos.

Una de las alternativas que se presenta como una solución viable y que evita la emisión de gases tanto en su producción como en su consumo final es el hidrógeno verde.

El hidrógeno es un gas incoloro e inodoro y el elemento más abundante en el universo. Sin embargo, en su mayoría se ve enlazado con otros componentes, como es el caso del agua, la unión entre hidrógeno y oxígeno. Pero cuando este es sometido a un proceso de descomposición y generación de energía que no conlleva la emisión de gases, se convierte en una potencial fuente de energía renovable, traducida en hidrógeno verde.

Las empresas energéticas, también motivadas por la escasez y limitación de los recursos fósiles, tratan de buscar nuevas formas de energías renovables para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a su actividad empresarial y tratar de cumplir con los objetivos de descarbonización fijados tanto desde Europa como por los Gobiernos. Además, al ser los agentes clave en la cadena de valor de la energía, se posicionan como protagonistas a la hora de poder lograr una transición energética sostenible. Se puede ver como son ya muchas pioneras en diferentes proyectos de generación y dispensación de hidrógeno renovable con el fin de masificar su uso y fomentar la penetración en el mercado de este tipo de energía para los consumos empresariales y sociales.

En este Trabajo de Fin de Grado, se hará un análisis del modelo de negocio que el hidrógeno verde está adoptando para poder identificar qué acciones son claves para lograr su desarrollo y su modelo de negocio sostenible, con el fin de que pueda servir de hoja de ruta identificando las principales barreras y acciones necesarias para aquellas entidades que se encuentren en fases más embrionarias o quieran introducirse en el mercado del hidrógeno verde. Además, se estudiará si las principales empresas energéticas están realmente comprometidas con el desarrollo de este tipo de alternativa renovable.

1.2. Metodología

Para el presente Trabajo se ha llevado a cabo una investigación cualitativa, puesto que la información que ha sido recopilada no es de tipo numérica o un experimento, sino de la información presente en diferentes documentos procedentes tanto de Google Scholar como de diferentes páginas webs. La revisión bibliográfica consta de dos partes principales. En primer lugar, la comprensión dada en el trabajo de una forma más técnica a través de palabras clave como “electrolizadores” “pila de combustible” “hidrogeneras” “eficiencias energéticas” se ha hecho utilizando artículos académicos o informes técnicos. Mientras que, para la parte dirigida a las acciones más recientes y a la información más

actualizada del mercado del hidrógeno verde, se ha nutrido de diferentes páginas webs de empresas relacionadas, de información propia de las instituciones tanto públicas como privadas que respaldan el hidrógeno renovable como de las propias páginas webs de las empresas energéticas y notas de prensa.

Por otro lado, como fuente de información primaria, debido a unas prácticas curriculares realizadas, se ha podido contar con conocimientos previos acerca del mercado del hidrógeno verde por mi participación en un proyecto dirigido a tal fin. Esto me ha permitido conocer la opinión y los diferentes puntos de vista acerca de cómo se debería de actuar para el desarrollo del hidrógeno verde de mis superiores dedicados al desarrollo de negocio en torno a las energías renovables.

Para el análisis del modelo de negocio del hidrógeno se ha utilizado un Business Model Canvas creado por Alexander Osterwalder, herramienta que nos permitirá ir identificando las necesidades clave para el desarrollo sostenible del mercado del hidrógeno verde. El uso de esta herramienta se debe a que sirve como lienzo para poder definir un modelo de negocio ayudando a esquematizar en nueve diferentes elementos las claves para poder analizar y definir un modelo de negocio, en este caso, enfocado al hidrógeno verde. Se ha utilizado esta herramienta y no otra, por la comprensión intuitiva de la plantilla y puesto que, gracias a sus nueve elementos, se cubren las áreas principales de actuación del hidrógeno que se han querido tratar comprendidas en clientes, oferta, infraestructuras y viabilidad económica.

1.3. Objetivos

Este Trabajo de Fin de Grado tiene tres objetivos principales resumidos en:

1. Analizar a través del Business Model Canvas el modelo de negocio que está adoptando el hidrógeno verde para conocer sus principales líneas de actuación en cada uno de los elementos
2. A lo largo del análisis, identificar las principales acciones claves y las actividades a desarrollar para poder lograr y alcanzar un mercado de hidrógeno renovable sostenible y la participación de las empresas energéticas en los elementos oportunos para analizar su compromiso

3. Concluir con las principales acciones clave aprendidas para que pueda servir como hoja de ruta para aquellas entidades o particulares que decidan realizar una diversificación del negocio o introducirse al mercado, y así, poder tener un análisis de las principales acciones a desarrollar para lograr un modelo de negocio sostenible y rentable en torno al hidrógeno verde

Para poder lograr los objetivos principales, también se han realizado un previo análisis de la situación actual del hidrógeno, concretados sus puntos en:

1. Estudiar el hidrógeno verde como alternativa renovable y la importancia de su producción e implementación
2. Conocer cómo se está apoyando desde la Unión Europea y desde el Gobierno de España al hidrógeno verde
3. Evaluar el sector energético y su papel en el desarrollo de las energías renovables

1.4. Estructura

El presente trabajo tiene tres estructuras principales:

- En primer lugar, una sección donde se da a conocer de forma más precisa el hidrógeno verde incluyendo sus principales características, su modelo de producción y estado actual en el mercado de las energías. Se incluye además una contextualización sobre la importancia del desarrollo del hidrógeno verde para cumplir los objetivos de descarbonización y transición energética de la Unión Europea y del Ministerio de para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- En segundo lugar, se evaluará el modelo de negocio que está tomando el hidrógeno verde en toda su cadena de valor según el Business Model Canvas, identificando cuáles son las principales barreras y las claves para poder alcanzar un modelo de negocio óptimo y sostenible además de evaluar el papel de las energéticas en los elementos oportunos
- En tercer lugar, concluir con los aprendizajes adquiridos tras el análisis, para que pueda servir como hoja de ruta de las principales líneas de actuación para quién busque introducirse al mercado del hidrógeno verde

2. EL HIDRÓGENO VERDE

2.1. El hidrógeno verde como vector energético

El concepto de vector energético hace referencia a cómo el hidrógeno verde se posiciona como un tipo de alternativa energética renovable viable y rentable. Esto se debe a sus óptimas características para poder ser utilizada en diferentes sectores industriales, aprovechando sus ventajas de energía limpia y libre de emisiones, que favorecería el camino hacia una economía descarbonizada, y si su producción es local, a la independencia energética (Reyes-Bozo, 2019). Todo ello conlleva a que el hidrógeno tome un papel de gran relevancia para frenar las consecuencias en el medioambiente generadas por la actividad humana en términos de emisiones de gases contaminantes.

Las emisiones de gases de efecto invernadero han provocado lo que se conoce como el cambio climático. Este, es uno de los mayores desafíos de la actualidad, y requiere de la adopción de medidas urgentes para reducir las emisiones de gases y paliar sus impactos en la mayor medida posible. Uno de los principales sectores responsables de estas emisiones es el de la energía, que representa el 73% de las emisiones a nivel mundial (Cobeña, 2020).

Una de las alternativas energéticas renovables con mayores perspectivas de futuro es el hidrógeno verde. Este se produce principalmente a partir de la electrólisis del agua mediante el uso de electricidad, que se consigue a partir de otras fuentes de energías renovables como la solar o eólica (Giménez, 2019). Este proceso se caracteriza por la descomposición del agua en hidrógeno y oxígeno, donde el hidrógeno resultante se recoge y se almacena en depósitos para su posterior uso como combustible. Además de este proceso, existen otros como la producción a partir de biomasa o de residuos orgánicos a través de la gasificación o fermentación (Murillo, 2020).

Tras su producción, este tipo de energía renovable puede transportarse y almacenarse de diferentes formas. Uno de los modelos más utilizados para su distribución es a través de camiones cisterna (Mato, 2021) o por tanques criogénicos (Tara Hosseini, 2022). Asimismo, se puede almacenar tanto en depósitos subterráneos como en baterías de hidrógeno (González, 2013). Una de las ventajas clave a la hora de evaluar los

diferentes tipos de energías renovables, es que la tecnología del hidrógeno permite grandes mejoras en términos de eficiencia energética (Saura, 2022).

Sin embargo, en España el 99% del hidrógeno consumido es de tipo no renovable (Ecológica, 2020). Este tipo de hidrógeno se conoce como hidrógeno gris. Su principal característica es que, a diferencia del verde, se genera a través de un proceso de reformado del metano mediante vapor a partir de gas natural, el cual involucra la liberación de dióxido de carbono (CO₂) hacia la atmósfera (Tuñón, 2022). Otro método es a través de la quema de gas natural. El 6% del gas natural mundial se utiliza para la producción de esta energía. Lo que conlleva una gran fuente de emisiones de dióxido de carbono, correspondiente al 2,5% de las emisiones mundiales, lo que corresponde a la totalidad de las emisiones de Indonesia y Reino Unido (Biol, 2021).

En este contexto, el hidrógeno verde se presenta como una de las alternativas más importantes para reducir las emisiones de dióxido de carbono en la industria, sustituyéndolo en los sectores de consumo de hidrógeno gris o introduciéndolo como energía útil en otros. Esto se debe a que es una fuente de energía renovable que puede utilizarse como vector energético en una gran variedad de aplicaciones industriales.

Conocer cuáles son dentro de la industria los sectores con mayor consumo de hidrógeno no renovable permite identificar qué segmentos son los que, a priori, deberían ser los agentes más influyentes y con mayores perspectivas de consumo del hidrógeno verde. Los sectores que actualmente componen la mayor demanda de este tipo de energía no renovable son las refinerías como materia prima (en torno a un 70% de la producción española) y en la fabricación de químicos, donde los fertilizantes asumen un papel prioritario por su uso en la producción de amoníaco, de en torno a un 25%. Y, en tercer lugar, con menores consumos, el sector metalúrgico (Ecológica, 2020).

El hidrógeno verde también se posiciona como un tipo de energía renovable con gran cavidad para la transición energética del sector automovilístico. Hay dos principales ventajas por las que sustituir los combustibles por hidrógeno verde es esencial y posicionan a esta energía como un vector estratégico clave en el futuro de este sector. En primer lugar, es que el hidrógeno es una fuente inagotable de energía, a diferencia de los combustibles fósiles, que son recursos naturales limitados. Y, en segundo lugar, que la

producción de este, a lo largo de toda su cadena de valor, evita la emisión de gases, cumpliendo los objetivos de descarbonización y cero emisiones (Soler, 2022).

Tiene cabida como alternativa renovable tanto en turismos como en el transporte pesado. El protagonismo actual reside en los vehículos de celda de combustible, un vehículo eléctrico que produce la electricidad a través de una reacción química entre el hidrógeno y el oxígeno en el interior de la batería (Romero, 2002). Para estos, es necesario el despliegue de una red de hidrogeneras para poder suministrar la molécula a los vehículos de hidrógeno (Alonso, 2022).

Pero para el desarrollo y la competitividad del hidrógeno verde con las energías fósiles, se han de superar numerosas barreras a las que actualmente se enfrenta ese tipo de energía renovable. Estas barreras se engloban en poder reducir el coste por kilogramo de hidrógeno, muy determinado por el coste de producción, ya que la tecnología todavía necesita mejorar en términos de eficiencia energética y poder reducir su coste de adquisición. Así pues, esta problemática acerca de los elevados costes correspondientes a su producción desfavorece su competitividad y penetración en el mercado para un uso masivo (Zuriaga, 2021).

Otro de los problemas que se dan para su adopción en el sector automovilístico, reside la elevada competencia que representan otro tipo de vehículos con fuentes energéticas alternativas que ya se posicionan como opciones sostenibles. Es el caso de los vehículos eléctricos, cuya penetración en el mercado es actualmente mayor. En 2022 las ventas de vehículos eléctricos estimadas por ANFAC fueron de una totalidad de 78.329 coches, en comparación con la venta de vehículos de hidrógeno, donde ANFAC registró en 2021 la venta de únicamente 15 vehículos. Si bien, cada vez son más los proyectos que tratan de implementar el hidrógeno verde, ya sea mejorando las tecnologías, desarrollando grandes redes de hidrogeneras o invirtiendo en soluciones que mejoren la eficiencia y eficacia del hidrógeno verde.

En este sentido, para poder superar estos desafíos, se han de lograr menores costes por unidad de hidrógeno, aumentando su demanda y producción, con el fin de masificar su consumo y reducir su coste marginal. Las perspectivas de futuro sobre el aumento de producción se estiman desde la Agencia Internacional de la Energía (IEA, International

Energy Agency) en que entre 2022 y 2027 se alcanzará una producción de hidrógeno renovable que alcancen los 50GW, lo que supone el 2% del *market share* correspondiente al crecimiento de las alternativas verdes.

Este crecimiento viene protagonizado por la producción a nivel mundial que se da principalmente en China, continuado por Australia, Chile y Estados Unidos. Desde Europa, se fija un crecimiento para las mismas fechas de 7GW para la producción del hidrógeno verde, fomentada también para mitigar las dependencias del gas ruso. Los Estados Miembros que lideran la producción europea de este tipo de alternativa es España, con el objetivo de lograr la mitad de la producción estimada. En un segundo escenario, se sitúan Alemania, Suecia, Dinamarca y Países Bajos (IEA, 2023).

2.2. Estado Actual y Respaldo de la Unión Europea a las Energías Renovables

Desde la Unión Europea se implantan diversas medidas con el objetivo de acelerar el desarrollo e implantación de las energías renovables, ya que, el cambio climático y las dependencias energéticas han contribuido a la aceleración por la búsqueda de nuevas fuentes de energía. Dentro de estas herramientas se pueden destacar exigencias para la implantación de fuentes de energías limpias, la promoción de la investigación y la formación y reconocimientos para aquellos que trabajan en el desarrollo de este ámbito. Entre estos reconocimientos, se distinguen tanto la concesión de subvenciones, como premios por favorecer innovaciones tecnológicas en este ámbito (García, 2014).

Es prioritario para la Unión Europea el desarrollo de un mercado energético renovable competitivo. Es por ello, que en septiembre de 2001 entra en vigor la Directiva 2001/77/CE, encargada de establecer según cada Estado miembro, la necesidad de ayudas públicas a las energías renovables (Europeo P. , 2001). Por otro lado, la política energética se englobó en el Plan de Acción Global Energético, donde se establecieron diferentes objetivos según cada Estado. La política de competencia, haciendo referencia a las ayudas estatales, se enmarcó en un nuevo Plan de Acción 2005-2009 reorientando estas ventajas económicas (Pérez, 2015). Sin embargo, no se lograron los objetivos marcados. Así pues, en 2008 se adoptan otras directrices que relacionaban de una forma más directa la política de competencia con la política energética (Pérez, 2015).

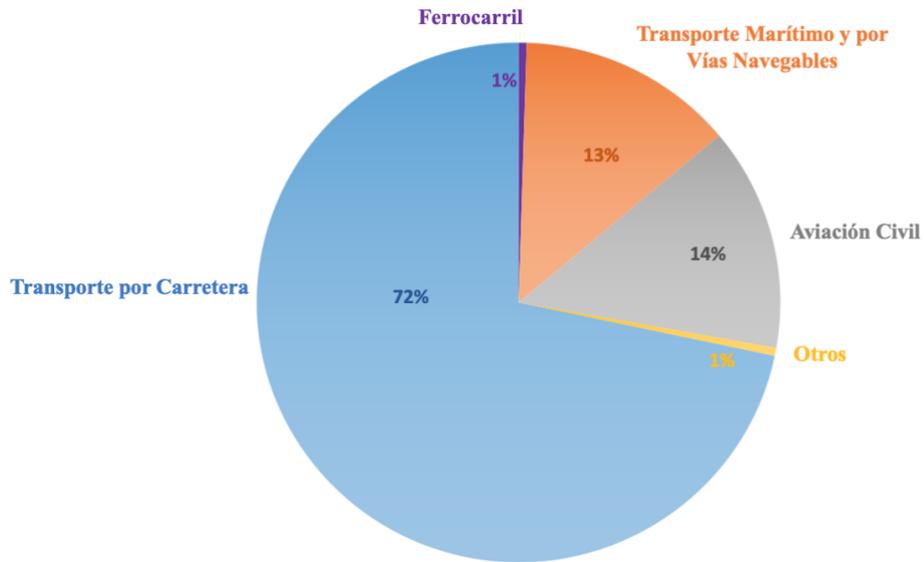
Las normativas y directrices de 2008 marcaron un fuerte progreso en el desarrollo de las energías renovables. Se focalizaron en dar solución a la fuerte barrera del elevado coste de producción según cada alternativa, aumentando las cantidades monetarias concedidas con el fin de mejorar la competitividad de estas. Es en 2012, cuando se adoptan incrementos en los costes de las energías convencionales con tal de alcanzar un mercado equitativo entre las fuentes renovables y las fósiles (Pérez, 2015).

En 2014, se establecen nuevas directrices con el fin de alcanzar los objetivos de la Estrategia 2020 fijada en 2010, donde se establece el objetivo de aumentar la participación de este tipo de energías en el consumo final al menos en un 20% para 2020. Entre otras, unas de las medidas adoptadas son la aceleración de los procesos de concesión de autorizaciones, la potenciación de las instalaciones de energías renovables y se propone una medida temporal refutable de que los proyectos de energías renovables mantienen la característica de que son de interés público superior y generan un impacto favorable en la salud y en la seguridad pública (BOE, 2022).

Por otro lado, las iniciativas público-privadas se encuentran desarrolladas en el programa Horizonte 2020, que se lanza en 2014 para cumplir los objetivos en relación con el progreso de las energías renovables, su competencia y el posicionamiento de Europa frente a estas. Para ello, se concedieron presupuestos de 77.028 M€ para apoyar las iniciativas y proyectos que tratasen de mejorar las tecnologías e investigación. Todo ello con el fin de poder cumplir los objetivos de sostenibilidad y cambio climático marcados por la Unión Europea (Ruíz, 2012).

El Acuerdo de París de 2015 establece no superar la temperatura media de 2°C de la Tierra, ratificado por 195 países comprometidos a cumplir los objetivos que permitan no cruzar dicho límite (Castillo, 2018). Para ello, es clave reducir las emisiones de la economía y así poder lograr los objetivos propuestos. Además, colocan como prioritarios los objetivos para acelerar las tecnologías e infraestructuras hacia una movilidad sostenible. Puesto que, desde la Comisión Europea (2020) se estima que las emisiones procedentes del transporte corresponden a una cuarta parte de los gases de efecto invernadero. En el gráfico a continuación podemos ver la distribución de estas emisiones según cada modelo de transporte, siendo el transporte por carretera el protagonista en la emisión.

Ilustración 1: Cuota de emisiones de gases de efecto invernadero por modelo de transporte



Fuente: Elaboración propia según datos de la Comisión Europea (2020)

Además, en 2019 se presenta el Pacto Verde Europeo donde se recogen medidas anticontaminación, sociales y de cambio climático, junto con leyes para el desarrollo sostenible, reduciendo las emisiones y apostando por la eficiencia energética, economía circular y verde (BBVA, 2022), donde se obliga a cumplir unos estándares de sostenibilidad, desarrollo y reducción de emisiones a todos los países pertenecientes a la Unión Europea.

Ilustración 2: Principales Objetivos del Pacto Verde Europeo



Fuente: Elaboración propia en base a la información de la Comisión Europea (2019)

Estos objetivos se materializan en planes de acción concretos, como, por ejemplo, el Plan de Inversiones para una Europa Sostenible, o la Ley del Clima Europeo que dictamina la neutralidad en emisiones para el 2050 (Europea C. , 2019) . Además, se incluye un Nuevo Plan de Acción para una economía circular junto con la aceleración de la industria hacia un modelo sostenible de crecimiento, descarbonizado y modernizando las industrias con mayores consumos energéticos: acero, productos químicos y cemento. Esto incluye el paquete “Fit-for-55”, que tiene como objetivo la reducción de un 55% de las emisiones para 2030, destacando sus iniciativas para aumentar los mecanismos de fiscalidad en el sector energético y su consumo (Europeo C. , 2023).

En 2022 se presenta el Programa REPowerEU que tiene como fin fomentar la independencia energética de Europa y reducir las importaciones de los combustibles rusos. Esto supone la diversificación de las fuentes de suministro de energía y aumentar la resistencia, seguridad y sostenibilidad del sistema energético de la Unión Europea. Esto se pretende conseguir trabajando en la diversificación de las fuentes de energía de la UE y reduciendo su dependencia esencial de los combustibles fósiles. Para lograrlo, se propone ampliar el uso de fuentes de energía renovables, impulsar la eficiencia energética y desarrollar la capacidad de almacenamiento de energía (Europeo C. , 2023).

De manera sintética, se exponen a continuación las principales conclusiones extraídas en torno al impulso de la UE hacia la transición energética.

Ilustración 3: Resumen del respaldo y estado actual de la Unión Europea a las Energías Renovables

Método de Respaldo	Principal Objetivo
2001 Directiva 2001/77/CE	• Necesidad de concesiones públicas para el desarrollo de las energías renovables
2005 Plan de Acción 2005-2009	• Reorientación de las ayudas según cada estado miembro bajo el nuevo Plan de Acción Global Energético
2008 Nuevas Normativas y Directrices	• Mejor y mayor relación entre las políticas de competencia y la política energética
2010 Estrategia 2020	• Aumento del uso de las energías renovables en al menos un 20%
2014 Horizonte 2020	• Avanzar en el progreso de las energías renovables y su competitividad a través de proyectos focalizados en ello
2015 Acuerdo de París	• No alcanzar los 2°C de temperatura media de la Tierra
2019 Pacto Verde Europeo	• Concretados en Planes de Inversiones o incluyendo la Ley del Clima Europeo para la neutralidad climática en 2050 y el paquete Fit-for-55
2022 REPowerEU	• Dar fin a la dependencia energética de Europa y para ello, favorecer el desarrollo de las energías renovables

Fuente: Elaboración propia

2.3. El Respaldo de la Unión Europea al Hidrógeno Verde

El papel del hidrógeno verde se sitúa dentro de los objetivos de descarbonización e implantación de un sistema de energías renovables como un activo clave. Desde la Comisión Europea, se concreta la creciente necesidad de desarrollar tecnologías clave como las redes de hidrógeno para la industria y la cooperación entre los Estados para lograr su penetración en la economía. Todo ello, para poder promover la investigación e innovación de este tipo de energía (Comisión Europea, 2019).

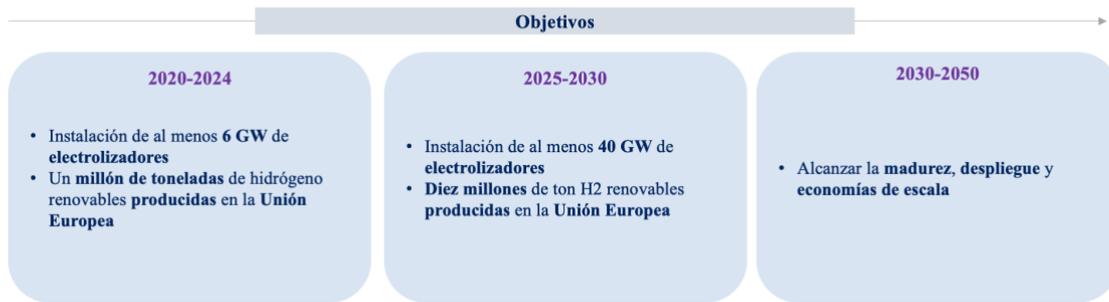
Para el desarrollo de la industria del hidrógeno verde en Europa, se han llevado una serie de iniciativas y de diferentes formas de colaboración con el fin de desarrollar y lograr la implantación de esta energía. La Comisión Europea, Suiza, Islandia y ochenta organizaciones del sector, firmaron la Declaración de Linz en 2018 a la que se ha incorporado la AeH2 (Asociación Española del Hidrógeno) con el fin de maximizar los esfuerzos y desarrollar la cadena de valor del hidrógeno de forma multilateral, aprovechando el poder de las sinergias (Austria, 2023).

Por parte de cada Estado miembro, para poder acceder a los fondos, se han presentado sus Planes de Recuperación y Resiliencia, donde el hidrógeno se presenta como protagonista en las inversiones de transición energética, fondo que contará con 723.800 M€ (España, 2022).

Adicionalmente, se ha creado la Alianza Europea de Hidrógeno Limpio, gracias a la Estrategia del Hidrógeno de la Comisión, un ente público-privado configurada en 2020, cuya responsabilidad es la creación de una cartera de inversiones para el desarrollo de cadenas de valor que integren el hidrógeno. Estas inversiones se estiman en una totalidad de 430.000 millones de euros hasta 2030 (Europea U. , 2021).

Otra de las iniciativas se concreta en La Estrategia Europea del Hidrógeno, aprobada el 8 de julio de 2022, donde se enfatiza sobre las ventajas de su uso y aplicaciones. Lo que respalda que es un activo energético y económico clave para la neutralidad de emisiones de dióxido de carbono en diferentes sectores. Esta Estrategia Europea del Hidrógeno (*EU Hydrogen Strategy*) recoge diferentes objetivos según tres horizontes temporales, además de reconocer que esta energía tendrá un desarrollo gradual y diferente según cada sector. Se resumen los objetivos según los ejes temporales en la tabla a continuación (MITECO, 2020).

Ilustración 4: Objetivos según los horizontes temporales de la Estrategia Europea del Hidrógeno



Fuente: Elaboración propia según datos según MITECO (2020)

Dentro del ámbito europeo, pero de carácter privado, cabe destacar la agrupación de empresas que conforman Hydrogen Europe. Desde 2020 trata de promover una economía basada en hidrógeno. Uno de sus objetivos es alcanzar una potencia total de electrolizadores de 40 GW para poder producir una mayor cantidad de hidrógeno verde en el territorio que conforma la Unión Europea (Antoranz, 2021). El gran potencial de dicha organización es la integración de los distintos agentes que conforman la cadena de valor del hidrógeno.

Un ejemplo de integración que ha logrado Hydrogen Europe es la unión entre EUTurbines junto con EUGINE, una empresa de fabricación de turbinas y, en segundo lugar, una empresa de motores, que unen fuerzas para generar una turbina capaz de combinar hidrógeno con gas natural. En un inicio se consumirá únicamente un 20% de hidrógeno, para poder alcanzar el 100% en 2030 (Antoranz, 2021).

De manera sintética, se exponen a continuación las principales conclusiones extraídas en torno al respaldo de la UE al hidrógeno verde

Ilustración 5: Resumen del respaldo de la Unión Europea al Hidrógeno Verde

Método de Respaldo		Principal Objetivo
2018	Declaración de Linz	<ul style="list-style-type: none"> • Optimizar los trabajos y promover el desarrollo de la cadena de valor del hidrógeno de manera colaborativa y global
2020	Alianza Europea al Hidrógeno Limpio	<ul style="list-style-type: none"> • Establecimiento de un conjunto de inversiones destinadas al impulso del desarrollo de cadenas de valor que incorporen el hidrógeno
2020	Hydrogen Europe	<ul style="list-style-type: none"> • Fomento de una economía basada en hidrógeno verde alcanzando 40 GW de potencia en electrolizadores para su producción
2022	Estrategia Europea del Hidrógeno	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivos de producción de hidrógeno temporales y graduales

Fuente: Elaboración propia

2.4. El estado actual del hidrógeno verde en España

En España cada vez son más los incentivos y los proyectos que se están desarrollando para la viabilidad de esta energía. El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC), propuesto por el Gobierno de España, tiene como fin principal la alineación con los objetivos establecidos por la Unión Europea en el ámbito de la política energética y climática para su debido cumplimiento (Solartys, 2023). Además, contiene la medida número 1.8 cuyo objetivo es el desarrollo de diferentes tipos de gases renovables, incluyendo el biometano, biogás e hidrógeno verde. Además, se especifica en la medida 2.84, el fomento del vehículo eléctrico de pila de combustible.

Desde el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITECO), en 2020 se establece la Hoja de Ruta del Hidrógeno: “Una apuesta por el hidrógeno renovable”. Esta ruta se centra en el crecimiento de dicha energía a nivel nacional, convirtiendo a España en pionera tanto en la producción como en las innovaciones tecnológicas del hidrógeno (MITECO, 2020).

Como objetivo más a largo plazo, hasta 2050 se establece la “Estrategia a Largo Plazo para una Economía Española Moderna, Competitiva y Climáticamente Neutra en 2050” (ELP 2050), para cumplir el objetivo de Europa de neutralidad climática. En esta estrategia, se prioriza el almacenamiento de la energía eléctrica junto con la integración sectorial inteligente además de la oportunidad del uso del hidrógeno renovable en este sentido (MITECO, 2020).

En cuanto a la concesión de ayudas y subvenciones para el desarrollo de proyectos desde el MITECO, ha impulsado un programa de subvenciones bajo la denominación del “Proyecto Estratégico para la Recuperación y la Recuperación Económica de Energías Renovables, Hidrógeno Renovable y Almacenamiento” (PERTE ERHA), que cuenta con diferentes convocatorias en relación con el desarrollo del hidrógeno. Una de las mayores líneas de ayuda se traduce en la convocatoria “H2 Pioneros” con el propósito de fortalecer las capacidades en instalaciones de pruebas y producción del hidrógeno renovable (GobiernodeEspaña, 2022).

Aprobadas sus bases el 22 de diciembre de 2021, a través del Programa H2 Pioneros (Ayudas Para Proyectos Pioneros Y Singulares De Hidrógeno Renovable), siendo el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) el responsable de la gestión y concesión monetaria por proyecto presentado. Se trata de promover el despliegue de proyectos que incluyan tanto la producción, distribución y consumo del hidrógeno contando con 150 M€. (GobiernodeEspaña, 2022).

Entre sus premisas se marca una instalación de electrolizadores de una potencia superior al 0,5 MW sin superar los 20 MW. Además, se evalúan y consideran los usos finales de los proyectos según el sector, ya sea industrial, de movilidad pesada o la integración mediante pila de hidrógeno de combustión 100% de hidrógeno, y contar con la producción de este a través del proceso de electrolisis. Este programa estipula una ayuda mínima por proyecto de 1 M€ y máximo 15 M€, estableciendo los diferentes porcentajes en función de cada beneficiario (Demográfico, 2023).

Ilustración 6: Porcentajes de contribución a los proyectos presentados al Programa H2 Pioneros según sus actuaciones

Actuaciones	Ayuda Gran Empresa	Ayuda Mediana Empresa	Ayuda Pequeña Empresa
Instalación renovable dedicada y físicamente conectada a la producción de hidrógeno	15%	20%	30%
Infraestructura de producción de hidrógeno renovable y logística dedicada	40%	50%	60%
Adaptaciones o nuevos equipos de consumo de hidrógeno renovable (uso industrial)	35%	45%	55%
Hidrogeneras	35%	45%	55%
Aplicaciones estacionarias innovadoras	30%	40%	50%

Fuente: Elaboración propia según los datos del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (2023)

Tras la publicación de su resolución, son diecinueve los proyectos subvencionados alcanzando los 487 MW, lo que alcanza el 12% de los objetivos fijados de producción para 2030 (Renovables, 2022). Cabe destacar el papel de Cepsa, Iberdrola y Repsol entre otros, con proyectos de producción de hasta más de 300.000 toneladas de H2 verde (Cepsa, 2022). La distribución geográfica de los proyectos subvencionados en el territorio nacional se representa en la imagen a continuación.

Ilustración 7: Distribución geográfica de los proyectos subvencionados en la convocatoria H2 Pioneros



Fuente: Elaboración propia según los datos del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (2023)

De manera sintética, se exponen a continuación las principales conclusiones extraídas en torno al respaldo de España al hidrógeno verde

Ilustración 8: Resumen del respaldo de España al hidrógeno verde

Método de Respaldo		Principal Objetivo
2019	El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC)	<ul style="list-style-type: none"> Fijando la estrategia para 2021-2030, para cumplir con los objetivos climáticos fijado por Europa
2020	Hoja de Ruta del Hidrógeno Verde	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo y expansión de la energía del hidrógeno a nivel nacional
2022	ELP 2050	<ul style="list-style-type: none"> Acciones necesarias para cumplir con el objetivo de la neutralidad climática de la economía española en 2050
2022	PERTE EHRA	<ul style="list-style-type: none"> Programa de subvenciones para proyectos que tratan de desarrollar el hidrógeno y lograr su competitividad

Fuente: Elaboración propia.

2.5. Estado actual del sector energético

Para poder comprender el papel estratégico de las empresas energéticas en cuanto a la producción e implantación del hidrógeno verde, se hará un estudio del mercado energético para comprender su situación actual y su papel en torno a la adopción de las energías renovables. El objetivo es poder conocer dentro del sector qué competidores son los de mayor influencia y cuáles se sitúan como agentes más relevantes para la producción, almacenamiento y distribución del hidrogeno renovable.

Para ello, se utilizará el estudio realizado por Brand Finance en 2019, consultora internacional líder en la valoración de empresas (Roca, 2019). A continuación, se expone el resultado del ranking general de las cien empresas más valoradas en España. En este se pueden observar 9 compañías procedentes del sector energético y construcción (Roca, 2019). Por ello, en la columna de la izquierda se ve el orden según la tipología, en este caso energía (RE), mientras que en la de en medio (RN) el puesto que ocupan en el ranking nacional de las cien empresas más valoradas.

Ilustración 9: Resultado de la valoración de las empresas energéticas más valoradas en el ranking energético dentro de las cien empresas más valoradas a nivel nacional

RE: Puesto en ranking de Energías	RN: Puesto en ranking nacional	Empresa
1	6	Repsol
2	8	Iberdrola
3	13	Endesa
4	16	Naturgy
5	21	Siemens Gamesa
6	22	Cepsa
7	65	Elecnor
8	73	Enagás
9	77	Red Eléctrica
10	82	Petronor

Fuente: Elaboración propia según datos del Periódico de la Energía (2019)

La empresa energética con mejor posición en el ranking dentro del nacional es Repsol, con un valor de 3.760 M€, estando en el sexto lugar dentro del ranking de marcas nacionales. En segundo lugar, Iberdrola con una valoración en 3.681 M€, seguidos de Endesa y Naturgy. Cepsa, durante los últimos años, se ha clasificado como una de las empresas con mayor crecimiento, aumentando en un 35% su valor de marca respecto al anterior ranking. A diferencia de Endesa, con una pérdida de valor del 6,8%. Por otro lado, Elecnor, con también un crecimiento en su valor de un 49,7% (Roca, 2019).

En 2021, Brand Finance realiza otro ranking acerca de las empresas con mejores valoraciones a nivel mundial del sector energético, donde se encuentran únicamente tres marcas españolas. Posicionando a Iberdrola, como la energética española con mayor valoración a nivel mundial. La empresa posicionada como la más valiosa del sector mundialmente es State Grid, empresa china que registró una pérdida de valor del -8,6% en 2021.

Ilustración 10: Empresas más valoradas del sector energético a nivel mundial



Fuente: Elaboración propia del Periódico de la Energía (2019)

Para evaluar el estado actual de las empresas previamente señaladas, procederemos a evaluar el sector energético en términos generales. Así pues, durante estos últimos años, las empresas energéticas han sido afectadas por determinadas situaciones resaltando el conflicto bélico entre Ucrania y Rusia, que ha promovido aún más la volatilidad que se sufre en los precios dentro del sector de las energías. No solo ha afectado a la economía rusa, sino que, su máximo efecto se ha dado en la provisión de gas, afectando en gran medida al suministro de las empresas energéticas (Flanagan, Kammer, Pescatori, & Stuermer, 2022).

En España, la dependencia de las importaciones de gas supone casi la totalidad, a excepción de la producción nacional que ocurre en La Rioja, que supone únicamente un 0,34% del consumo total del gas. Así pues, en 2021 un 54,5% de las importaciones correspondían al GNL, siendo un 45,5% suministradas a través de gaseoductos. Fue en noviembre de 2021, cuando el mayor exportador de gas a España, Argelia, por la no

renovación del suministro del gasoducto por la interconexión de Tarifa, es sustituido en 2022 por Estados Unidos, seguido de Rusia (Pinar, 2023).

En 2021, la demanda del gas natural sufrió un fuerte incremento en relación con el gran desarrollo del GNL (Gas Natural Licuado). Este gas supuso el 47% del comercio a nivel mundial (Barrero, 2022). Ya en 2021 se registraron los precios del gas natural más altos de la historia. Sin embargo, con el estallido de la Guerra, se superaron los 200 €/MWh, precios nunca vistos hasta la fecha en los mercados gasistas (España, 2022).

Todo ello, incrementado por la subida de los precios ya iniciada en 2021, junto con la recesión económica que supuso la pandemia, y el consecuente estallido de la guerra entre Rusia y Ucrania en marzo 2022, la FAO (Organización de las Naciones Unidas) registró un límite histórico en el Índice de Precios del Consumo. Este, fue un 12,6% superior al del mes anterior, un 33,6% superior a la misma cifra del año anterior y un 15,8% por encima del máximo del 2021. Esto se debe a que, las subidas en los precios del gas natural afectan a las cadenas de valor de diferentes productos y servicios. Uno de los usos finales del gas natural, es la producción de fertilizantes, que, de igual manera, su uso es clave para la elaboración de muchos productos alimenticios.

Pero, a pesar de que las consecuencias a nivel mundial son desastrosas, registrando subidas de precios en los mercados y pérdidas en el valor del dinero, estos efectos en los beneficios del mercado energético no parecen ser tan agravantes. En 2021, las empresas energéticas con mayores ventas de gas en España, que suponen el 72,33% de las ventas del mercado gasista, se corresponden a:

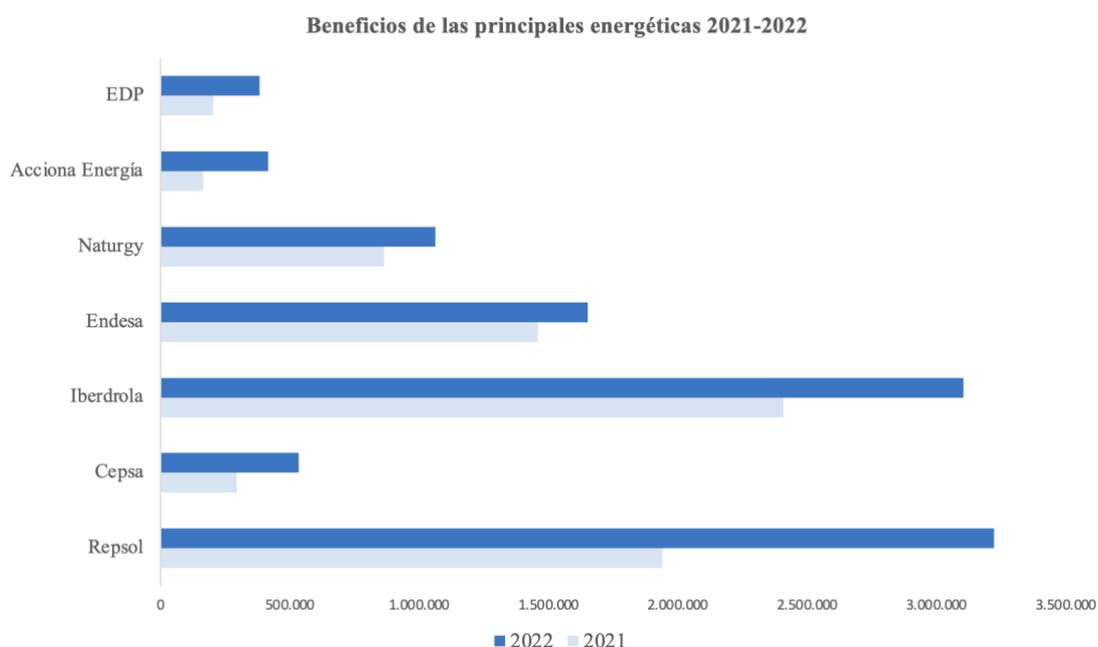
Ilustración 11: El porcentaje de cuota de mercado de las principales empresas gasistas españolas

PRINCIPALES EMPRESAS GASISTAS	PORCENTAJE DE VENTAS DE GAS
Naturgy	27,32%
Endesa	16,17%
Repsol	10,06%
Iberdrola	8,28%
Cepsa	5,62%
Axpo	4,88%

Fuente: Elaboración propia según los datos de Renewable Energy Magazine (2023)

Si observamos el gráfico a continuación, donde se representan en millones de euros los beneficios correspondientes a las principales energéticas del mundo, podemos observar que, en su mayoría, prevalece un aumento económico en 2022 respecto a 2021, como se puede ver de forma visual en el gráfico insertado a continuación.

Ilustración 12: Beneficios de las principales energéticas españolas 2021-2022



Fuente: Elaboración propia según los datos de CNMV, empresas y Economía Energética (2022)

Mientras que los precios de la energía son cada vez más agresivos, junto con los alimenticios, desde el CNMV se calcula una totalidad de beneficios generados por estas entidades entre enero y septiembre de 2022 de 10.970 M€ aumentando en un 49,53% las ganancias frente a 2021 de estas compañías. Cepsa y Repsol, fundamentales exportadores de gas natural, carburantes y GNL, aumentaron en 80% y 60% respectivamente sus beneficios durante el primer trimestre de 2022 (Bayona, 2022).

Así pues, la estabilidad de los ingresos de estas compañías por sus actividades petrolíferas y gasistas, cuyos consumos no se verán reducidos hasta al menos tres años, permite continuas inversiones en energías renovables. Dentro de las diferentes ramas de actividad de la industria, según el Instituto Nacional de Estadística (INE) el “Suministro

de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado” supone un 13,4%, solamente superado por el porcentaje de la industria alimenticia con un 18,1 %. Esto permite ver la relevancia de estas empresas en la industria y como su actividad repercute en la economía. Lo que sitúa, una vez más, a las empresas energéticas como agentes clave para poder masificar el uso del hidrógeno por su capacidad de poder actuar en el suministro de energías limpias y renovables en todos los sectores industriales.

3. CLAVES PARA UN MODELO DE NEGOCIO SOSTENIBLE EN TORNO AL HIDRÓGENO VERDE

En el siguiente apartado se procederá a utilizar un Business Model Canvas (BMC) para tratar de ofrecer una estructura ordenada que trate los elementos claves dentro del modelo de negocio del hidrógeno para poder comprender cuáles son las claves poder desarrollar un mercado del hidrógeno verde sostenible y el papel de las empresas energéticas en su producción y desarrollo en los elementos oportunos.

Cabe destacar que el análisis se hace desde una visión general acerca de cómo se está implementando y desarrollando el hidrógeno verde mencionando acciones o proyectos particulares sobre empresas específicas a modo de ejemplificación cuando el apartado lo requiere. Cuando no es así, el enfoque es desde un punto de vista transversal sobre cómo la mayoría está actuando en términos generales entorno al hidrógeno verde y qué es necesario para su desarrollo y masificación dentro de cada elemento del modelo.

A continuación, se hace una síntesis general de lo tratado en cada apartado del modelo:

- Socios Clave: los agentes clave tanto de carácter público como privado que fomentan a través de objetivos o de forma legislativa el uso y penetración del hidrógeno renovable y aquellos que favorecen su consumo a través de proyectos de producción
- Actividades Clave: las actividades clave que son necesarias para el modelo de negocio del hidrógeno verde y la manera en la que contribuyen a generar un modelo de negocio sostenible

- Recursos Clave: los principales factores necesarios para que el hidrógeno verde sea una realidad en el mercado estudiando sus características
- Propuesta de Valor: se analiza cuál es la propuesta de valor del hidrógeno verde por sus ventajas y aportación medioambiental
- Segmentos de Clientes: se analizan los diferentes sectores con mayor cavidad y potencial dentro del enfoque de hidrógeno verde y se estudian las ventajas de su aplicación para cada uno de estos. Por lo tanto, el modelo sigue un esquema B2B (*Business to Business*)
- Relaciones con los Clientes: las ideas claves necesarias que se han de transmitir a los clientes para situar al hidrógeno verde como una alternativa rentable y sostenible para su uso propio empresarial
- Canales: se estudian las diferentes vías de distribución para facilitar el acceso al hidrógeno verde para los diferentes sectores y las ventajas de estos para masificar su consumo
- Estructura de Ingresos: se analizan las principales partidas que generan ingresos en el modelo del hidrógeno verde
- Estructura de Costes: se señalan las principales partidas de costes que supone el modelo de hidrógeno verde

3.1. Socios Claves

3.1.1. Socios Claves

Se consideran como principales socios a las instituciones tanto públicas como privadas que favorecen la implementación y el desarrollo de la tecnología, junto con las energéticas que desarrollan los procesos de producción y dispensación del hidrógeno verde. Dentro de las instituciones públicas, se sitúan como socios esenciales organizaciones internacionales como la Unión Europea, o gubernamentales, como en este caso, el Gobierno de España a través del Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico.

Desde la Unión Europea, en su Estrategia a Largo Plazo 2050 se enfatiza en el encaje del hidrógeno como alternativa vital para aquellos lugares o industrias imposibles de electrificar o sustituir por usos renovables directos. Añadir otras iniciativas de la Comisión Europea como “*Hydrogen Strategy for a climate-neutral Europe*” que respalda

su potencial para la descarbonización en numerosas industrias y en la gestión del sistema eléctrico.

Dentro de sus objetivos se encuentra la priorización por los proyectos públicos que se encuentran en un estado más avanzado y, de igual manera, promover las inversiones de las entidades privadas. Esta Estrategia además afirma la necesidad de esta energía para el transporte pesado, debido a la falta de eficiencias técnicas de la electrificación y las pilas en este enfoque. En general, el objetivo principal de Europa es situar a España como referente de producción de hidrógeno verde, con el fin de ayudar y contribuir a gran escala en la descarbonización y emisiones neutras tanto nacionales como europeas.

La Unión Europea de igual manera ha presentado su Plan Industrial que tiene como objetivo facilitar la implementación y acelerar el desarrollo de los proyectos de energía limpia. Según la AEH2 (2023), la Asociación Española del Hidrógeno, este Plan Industrial se basa en cuatro fundamentales pilares en los que se incluyen la simplificación de los permisos y trámites administrativos, posibilitar y aumentar el acceso a financiación, impulsar la inversión y contribuir a la adaptación y conversión de los puestos de trabajo implicados.

Por parte del Ministerio según el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, dentro del componente 9, se encuentra la Hoja de Ruta del Hidrógeno Renovable y su integración sectorial, donde se estipula la reformación y el refuerzo de las cadenas de valor existentes del hidrógeno y el desarrollo de su tecnología. Además, se incluye la construcción de clústeres de producción a gran escala con proyectos pioneros con el fin de fomentar de forma nacional y regional, tanto la producción, como la demanda de esta energía.

Además de otros agentes públicos que encajan como partners por su desempeño en el desarrollo del hidrógeno verde. Así pues, mencionar las Agencias Gubernamentales de Energía, como en Estados Unidos el Departamento de Energía (DOE) que tiene como principal función el desarrollo y fomento de las energías renovables. Otro ejemplo es la Agencia Internacional de la Energía (AIE), organismo autónomo formado por 28 países todos miembros de la OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos), o la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), organización

intergubernamental que trata de fortalecer la utilización responsable de todas las fuentes de energía renovable (MITECO, 2023).

Otro es el CNH2 (Centro Nacional de Experimentación de Tecnologías de Hidrógeno y Pilas de Combustible), consorcio público entre el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades junto con la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, con sede en Puertollano. Este es un centro de gran importancia tanto a nivel nacional como internacional, participando en proyectos en curso como el H2 Ports, que trata de implementar el uso del hidrógeno en diferentes puertos, siendo el puerto de Valencia el pionero en el primer suministro (CNH2, 2023).

Dentro del ámbito privado, en España, hay asociaciones que tratan de apoyar el hidrógeno verde fomentando su inversión y desarrollo. Dentro de las más destacadas, un ejemplo es la Asociación Española del Hidrógeno (AeH2), donde más de 350 socios de toda la cadena de valor del hidrógeno forman parte para apoyar su desarrollo. Además, Iberdrola junto con diferentes líderes industriales a nivel mundial donde cabe destacar la participación de ACWA Power o CWP Renewables, y bajo el amparo de Naciones Unidas, crean Green Hydrogen Catapult. De entre sus diferentes objetivos se enfatiza en el desarrollo de modelos de producción que traten de poder suministrar la molécula por un precio menos de dos dólares (Días, 2020). Además de SHYNE (Spanish Hydrogen Network), consorcio formado por 33 entidades donde prevén desplegar proyectos por diez diferentes Comunidades Autónomas (Repsol, 2023).

Además, hay otras entidades a nivel regional en diferentes Comunidades Autónomas que tratan de fomentar este tipo de energía en cada una de las regiones. Para ello se listarán las principales:

- Valle del Hidrógeno en Cataluña, impulsada por instituciones como la Generalitat de Cataluña, Repsol, Enagás y la Universidad Rovira i Virgili, iniciativa que tiene como fin promover el desarrollo de una economía y sociedad basada en el uso de hidrógeno renovable en esta región (URVACTIVO, 2023).
- Clúster Andaluz del hidrógeno, la principal tarea del clúster es proporcionar y compartir conocimiento sobre esta tecnología, así como impulsar el desarrollo e

investigación en la adopción de la tecnología del hidrógeno en la región de Andalucía (Cepsa, 2023).

- El Corredor Vasco del Hidrógeno (BH2C), que nace de la iniciativa estratégica de Repsol y Petronor de invertir en Euskadi para crear un ecosistema de hidrógeno en la zona, apoyado por 77 instituciones como IDOM, Nippon Gases o Irizar (BH2C, 2023).
- La Fundación del Hidrógeno en Aragón, centro privado de investigación impulsado por el Gobierno de Aragón, donde se enfocan en desarrollar el hidrógeno para su uso en pilas de combustible, para el transporte o como energía distribuida (Hidrogenoaragón, 2023).
- La Asociación de la Industria en Navarra (AIN) lanza la Mesa del Hidrógeno Verde que enfatiza en el fomento, producción y uso de esta energía en Navarra, dentro de su marco establecido con la iniciativa de la Agenda del H2 para fomentar el hidrógeno verde en su región con el objetivo de instalar 150 MW para 2030 (Navarra, 2021).
- Hyval hace referencia al Clúster del Hidrógeno Verde de la Comunidad Valenciana, liderada por BP, compañía dedicada al petróleo y al gas natural, y con el apoyo de la Generalitat Valenciana para reducir con el uso de esta energía las emisiones de la Comunidad Valenciana (Bp, 2023).
- Clúster Hub Hidrógeno Renovable Canarias del Hidrógeno Verde en las Islas Canarias, promovido por Enagás y DISA. Desde esta iniciativa para cumplir con las directrices de la Unión Europea sobre el concepto de industria sostenible, se trabajará con herramientas digitales como IoT y Blockchain y prevé la construcción de dos plantas una en Tenerife y la otra en Gran Canaria (DISA, 2021).

Tanto las iniciativas públicas como privadas que tratan de desarrollar el uso, la inversión y la investigación de esta energía, son socios esenciales para el hidrógeno verde. Esto se debe a que favorecen las sinergias entre las empresas miembro y favorecen la adopción de este tipo de energías renovables por parte de las entidades empresariales de la zona y del sector en general. Así, generan un entorno propicio a la adopción del hidrógeno verde con el fin de poder generar mayores economías de escala contribuyendo

a la competitividad del hidrógeno, convirtiéndose en socios claves para el desarrollo del hidrógeno verde.

3.1.2. Proveedores Claves

Las empresas energéticas son fundamentales para la producción y provisión del hidrógeno verde gracias a su longeva experiencia en el sector energético. Estas empresas cuentan con una sólida infraestructura y experiencia en la generación, el almacenamiento y la distribución de energía que les facilita el *expertise* para tratar con el hidrógeno. También disponen de una amplia red de recursos e instalaciones que pueden acomodarse para el uso de energías renovables. En cuanto a los problemas tecnológicos y jurídicos relacionados tanto con la producción, como con la comercialización, gracias a sus conocimientos del mercado pueden desenvolverse de una forma más ágil y eficaz con un conocimiento de las ventajas e inconvenientes de mayor envergadura.

Sin embargo, actualmente la actividad principal de estas reside en actividades petrolíferas y en relación con el gas natural y la electricidad, todo ello englobado en un mercado caracterizado por su contaminación y emisión de gases. En relación con ello, cabe destacar que toda su economía se basa en recursos limitados, según Claudio Estrada, director del Centro de Investigación en Energía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), faltan 42, 65 y 150 años, para que se agoten las existencias tanto de petróleo, de gas natural y de carbón, respectivamente (Energías Renovables, 2023). Este hecho fomenta que las energéticas adquieran un papel de gran importancia a la hora de introducir las energías renovables por la diversificación de su negocio a otro más sostenible y duradero.

Además, como principales participantes en el sector energético, estas empresas disponen de recursos para invertir en iniciativas de I+D que aumentarán la productividad y reducirán el precio de producción del hidrógeno verde. Estas también mantienen un continuo contacto con la sociedad por su actividad comercializadora de las fuentes de energía principales actuales, que facilita la introducción del hidrógeno verde y fortalece la aceptación por parte de la demanda. Y no solo con la sociedad, sino también con los proveedores, favoreciendo una situación en la que el poder negociador sea más favorable para las energéticas, mejorando la competitividad del hidrógeno.

Dentro de este marco, son ya muchos los proyectos desarrollados a nivel nacional por estas empresas con el fin de aumentar la producción y enlazar las demandas. Es por ello, que analizaremos algunos de los principales proyectos actuales de las empresas energéticas españolas con mayor relevancia en el sector, para detallar la estrategia que están siguiendo actualmente los principales proyectos. Las empresas españolas analizadas serán las principales del mercado según el estudio de la consultora *Bran Finance* analizado anteriormente: Iberdrola, Naturgy, Repsol, Enagás, Cepsa y Axpo.

- **Iberdrola:** empresa con sede en Bilbao, encargado de la producción, logística y comercialización de electricidad principalmente, a pesar de su influencia en el mercado del gas natural y de las energías renovables. Dentro de este último apartado destacaremos los principales proyectos de hidrógeno verde:
 - Planta de hidrógeno verde en Puertollano: de la mano de Fertiberia, empresa de fertilizantes que será su demandante de energía, con una inversión de 1.800 M€ y una producción de 800 MW (Iberdrola, 2022).
 - Hidrogenera en Barcelona: planta de carácter público cuya demanda serán los autobuses de TMB (Transport Metropolitans de Barcelona) durante diez años, además de otras flotas del polígono de la Zona Franca (Iberdrola, 2020).
- **Naturgy:** grupo internacional energético, líderes en el sector del gas, aunque también se dedican a la comercialización de electricidad.
 - Planta de producción de hidrógeno en La Robla: también con la participación de Enagás, con una producción esperada de 9.000 ton/año, a través de energía solar y producción por electrolisis. Incluyen, además, la exportación al noroeste de Europa (Enagás, 2023).
 - Red de hidrogeneras: con el objetivo de 35 plantas en funcionamiento para 2025, y para una segunda fase llegar a la construcción de hasta 120 puntos de repostaje. Todas ellas contarán con surtidores para los vehículos tanto ligeros como pesados (Naturgy, 2021).

Ilustración 13: Distribución de la red de hidrogeneras del proyecto de hidrógeno verde de Naturgy



Fuente: Naturgy (2021)

- Proyecto Zeppelin: proyecto formado en consorcio con otras siete empresas, entre las que se encuentran Repsol y Redexis entre otras. Tiene como finalidad la investigación para mejorar las tecnologías de almacenamiento y producción de hidrógeno, a través del aprovechamiento de residuos y subproductos. Cabe mencionar que, esta iniciativa ha sido subvencionada con más de 4 M€ por el Programa Ciencia e Innovación (Redexis, 2023).
- **Repsol:** compañía global con sede en Madrid, cuya actividad reside en las operaciones de comercialización del petróleo y en menor medida con el gas.
 - Planta en Bilbao para la producción de biocombustibles a partir de hidrógeno: produciendo hidrógeno con electricidad 100% renovable. La producción esperada es de 2.100 toneladas de biocombustibles a partir de hidrógeno, cuya demanda final es para aviones, barcos y camiones (Repsol, 2021).
 - Planta de producción de gas a partir de residuos urbanos, con la finalidad de producir biogás que sirva, de igual manera, para producir hidrógeno renovable: también en Bilbao, su demandante es la planta de refinerías

vasca de Petronor, que podría desechar sus 100.000 toneladas de residuos (Petronor, 2020).

- Hidrogenera en Puertollano: de la mano de Enagás, su funcionamiento se prevé para 2024, con una producción de 100 kg/día a partir de luz solar. Tiene como finalidad abastecer también a otras hidrogeneras de la periferia para autobuses y camiones de pila de combustible (LaVozdePuertollano, 2023).

- **Enagás:** gestor técnico de todo el sistema gasista nacional, su actividad principal reside en el transporte y almacenamiento de gas. Sus proyectos más destacados de hidrógeno son:
 - Proyecto Catalina: planta de hidrógeno renovable, que espera una producción anual de más de 50.000 ton/año, proyecto asociado con Naturgy y Fertiberia. La demanda asociada a este se compone de diferentes usos industriales, en los que destacan empresas de refino y azulejeras y para una planta de producción de amoníaco verde (Energías Renovables, 2023).
 - Green Hysland: tiene como finalidad el desarrollo de un ecosistema de hidrógeno en la isla mallorquina. Este proyecto tiene como objetivo abastecer desde edificios públicos, hasta estaciones marítimas pasando por combustible para flotas de autobuses o para inyectarlo en la red de gasoductos. La fecha de finalización prevista es para 2025, con una contribución total de la CH JU (*Clean Hydrogen Partnership*) de 10M€ (Hysland, 2023).
 - H2 Ports: proyecto subvencionado al 100%, tiene como finalidad alimentar de hidrógeno verde en la industria portuaria de Valencia. Para ello, construirán tres prototipos para contenedores, hidrogenera portátil y una cabeza tractora. A continuación, se inserta una imagen de los prototipos de su propia página web (CNH2, 2023).

Ilustración 14: Modelo del proyecto H2 Ports



Fuente: H2 Ports (2023)

- **Cepsa:** grupo español energético, caracterizado por su producción, distribución y comercialización de petrolíferos y derivados. Aunque también tiene participación en mercados como el petroquímico, gas o electricidad. De entre sus acciones para el desarrollo del hidrógeno verde destacan:
 - Plantas de producción en el Campo de Gibraltar (Cádiz) y en Palos de la Frontera (Huelva): con una producción total de 300.000 toneladas, se estima que podría cubrir el 50% de toda la demanda de hidrógeno verde esperada para 2030. Considerado como el proyecto de mayor capacidad de Europa, tiene además un acuerdo de exportación desde Cádiz a Róterdam. Las plantas vendrán alimentadas de energía tanto solar como eólica, que supondrán una cartera de proyectos adicionales de 3 GW y 2.000 M€ (Cepsa, 2022).

Cepsa, además, en marzo de 2023 hacía pública la venta de la mitad de su área de exploración y producción de hidrocarburos a TotalEnergies, con el fin de invertir únicamente en soluciones renovables (Fariza, 2023).

- **Axpo:** empresa establecida en España en 2001, filial que pertenece al grupo suizo Axpo. La producción actual de este grupo ya tiene el carácter de renovable. Se posiciona como un “líder internacional” en la producción de energía solar y eólica. Actualmente no se encuentra liderando ningún proyecto de generación de

hidrógeno verde en España. Su participación reside en un proyecto de producción de biometano para los autobuses de la EMT de Madrid, a través de los residuos de la planta de Valdimingómez (EMTMadrid, 2022).

Se puede observar cómo las empresas energéticas están impulsando actuaciones coherentes con la urgencia de reducir sus emisiones e introducir energías renovables que favorezcan la actividad sostenible y a largo plazo de estas mismas. Y, no solo a su propia actividad empresarial, sino que también a los consumidores de este tipo de energías alternativas, reduciendo de igual manera sus emisiones y mejorando su imagen de marca y posicionamiento en el mercado por su compromiso con el medioambiente.

Así pues, estos proyectos liderados por las empresas energéticas son una pieza clave en la transición a una economía de hidrógeno verde. Sobre todo, por no caer en un círculo de recesión, en el que sin producción no hay demanda, y sin demanda no hay producción. Empezar a aumentar la producción facilita que cada vez sean más los agentes que se sumen por usar energías renovables, más en concreto, el hidrógeno verde, y acelerar la transición a una economía de hidrógeno en aquellos sectores donde resulte la opción más eficiente y sostenible, situando a las energéticas como proveedores clave de este tipo de energía.

3.2. Actividades Clave

Para poder desarrollar e introducir el hidrógeno verde como una solución renovable competitiva y de uso común, hay que tener en cuenta y fortalecer ciertas actividades claves que favorecería su competitividad en el mercado. Estas actividades abarcan toda la cadena de valor del hidrógeno, desde su producción hasta su distribución y se pueden resumir en: mayores inversiones en investigación y desarrollo (I+D), infraestructura, incentivos y políticas fiscales que favorezcan su adopción, educación y conciencia, creación de sinergias y alianzas, y financiación.

3.2.1. Inversiones en Investigación y Desarrollo (I+D)

En primer lugar, mayores inversiones en I+D, que se focalicen tanto en reducir costes en la producción, como en mejorar los problemas de su almacenamiento, y la eficiencia

en su distribución. En cuanto al modelo de producción, las inversiones podrían dar pie a superar la barrera de que los electrolizadores que, para la descomposición del agua, requieren de grandes consumos de energías renovables (solar o eólica principalmente), lo que aumenta su coste de producción (Martín, 2022). Con mayores inversiones se podrían desarrollar electrolizadores más eficientes y de menor coste de adquisición, que favorezcan tanto a poder producir de forma más barata como a reducir el coste de compra de este.

En cuanto a mejorar los problemas en su almacenamiento, es clave invertir en un método de almacenamiento eficiente. Esto se debe a que la volatilidad del hidrógeno hace que se pierda energía en su almacenamiento básicamente porque se escapa (Martín, 2022). Además, si se tratase de licuarlo, la temperatura que se ha de alcanzar para este proceso es extremadamente baja y proporciona únicamente una tercera parte de energía por unidad en comparación con el gas natural o la gasolina (Cajún, 1995). Cabe destacar de igual manera que, debido a esta característica natural, se requiere de elevada seguridad para no tener fugas o explosiones (Iberdrola, Iberdrola, 2022). Así pues, invertir en el estudio de un almacenamiento más seguro y con mayores eficiencias energéticas favorecería la competitividad del hidrógeno.

En relación con las inversiones sobre su distribución, es necesario invertir una red estandarizada y que permita la accesibilidad de este tipo de energía a los sectores con mayor encaje dentro del uso del hidrógeno verde. Ya sea a través de redes de hidrogeneras que puedan satisfacer los recorridos de las empresas logísticas en cuanto a su enfoque en el transporte, o para poder satisfacer de forma masiva a otras industrias como la química. En este último sentido, se ha de invertir en una red general de distribución consiguiendo reutilizar las infraestructuras existentes como la inyección de hidrógeno en los gaseoductos de forma eficaz (Dufour, 2013).

3.2.2. Inversión en Infraestructura

A continuación, la inversión en infraestructura. Es necesario para la introducción de este tipo de energía en el mercado, puesto que si no es accesible ni mantiene un coste de adquisición competitivo no logrará penetrar en el mercado. Así pues, otro de sus mayores inconvenientes es superar la barrera de producir de forma barata y limpia (Dufour, 2013).

Esto se debe a que, actualmente, el coste de poder construir una estación de repostaje básica está en torno a 2 M€ y un punto único de repostaje a 150 mil. € (Quatrin, 2022). Lo que dificulta poder poner un precio competitivo ya que hay que recuperar la inversión y no hay suficiente demanda como para poder beneficiarse de economías de escala que abaraten el coste de producción.

3.2.3. Incentivos y Políticas Fiscales

Es necesario un marco jurídico que incentive a través de políticas fiscales la producción y el uso de este tipo de energía. En términos generales estos incentivos contribuyen al desarrollo de un entorno que fomenta la inversión, la investigación y la incorporación del hidrógeno renovable a los sistemas energéticos actuales. Estas políticas se materializan de diferentes maneras: ayudando a los que se suman a la transición como perjudicando a aquellos que mantienen las emisiones de gases. Es clave cuando se trata de incentivos económicos que ayudan directamente a reducir el CAPEX para la producción, abaratando en consecuencia su coste final. O cuando se tratan de multas o impuestos que favorecen la paridad en costes entre las energías renovables y fósiles por emitir o por el uso de malas prácticas contaminantes.

3.2.4. Educación y Conciencia

En cuanto a la actividad clave de educación y conciencia, es clave educar a los consumidores en las ventajas del uso de energías renovables, en especial, en el hidrógeno verde y facilitar su uso. Este aspecto es de vital importancia cuando se trata de hidrógeno puesto que, por su naturaleza incolora e inodoro, resulta extraño para los consumidores y su seguridad, ya que cuesta ser identificado a través de los sentidos (Dufour, 2013). En este enfoque, se someten a un análisis exhaustivo de todos los posibles riesgos para su mitigación y control a través de técnicas como son HAZID/HAZOP, Análisis SIL y LOPA o FMECA entre otros (Galeano, 2020). Es por ello, por lo que es necesario comunicar los procesos de seguridad tan altos a los que están sometidos los productores para transmitir la seguridad y tranquilidad en el uso de esta energía emergente.

3.2.5. Creación de Alianzas y Sinergias

Además, como se puede ver reflejado en algunos de los principales proyectos y en relación con la captación de la demanda, es necesario crear alianzas y sinergias que favorezcan las relaciones entre productores y demandantes. Un ejemplo de ello es el proyecto de Iberdrola con Fertiberia mencionado anteriormente. Para que pueda ser competitivo el hidrógeno, se ha de masificar su consumo para aprovecharse de las economías de escala y contagiar su uso. Si no se crean relaciones y sinergias para aumentar su competitividad, y no se consigue una demanda atada, para los productores es más complicado dimensionar su producción y realizar la distribución de costes e ingresos de manera certera. Esto provoca que los costes en contingencias sean mayores por si no se consiguiese colocar la producción incurriendo en pérdidas.

3.2.6. Financiación

Finalmente, otra de las actividades claves es el acceso a financiación. Que el coste de financiarse sea mayor, supone que pedir dinero es más caro. Muchas veces es más rentable tomar prestado el dinero de entidades bancarias que extraerlo de los beneficios o accionistas de la empresa productora. Así pues, facilitar un mejor y más competitivo acceso a financiación cuando se trata de este tipo de proyectos que favorecen la transición a una economía basada en energías renovable, reduciría la inversión inicial y su retorno y, en consecuencia, el precio final de la molécula.

En este sentido ya hay soluciones para ayudar a las empresas a poder adquirir modelos de financiación acordes con sus proyectos y de la forma más rentable posible. Es el caso de la Plataforma Española de Financiación de Energía Sostenible con su “Guía para la Financiación de Proyectos de Energía Sostenible” (Enerinvest, 2018) o la plataforma Fundeen, autorizada por la CNMV, organización de *crowdfunding* que concede inversiones en proyectos de energías renovables (Fundeen, 2023).

En conclusión, para crear y adoptar el hidrógeno verde como solución renovable competitiva, es crucial invertir más en I+D, infraestructuras, políticas fiscales e incentivos, campañas de educación y concienciación, generar alianzas y sinergias, y mejorar la accesibilidad financiera. Gracias a estas iniciativas, se reducirán los costes, se aumentará la eficiencia de la producción, el almacenamiento y la distribución, y el

hidrógeno verde será más aceptado y competitivo. Todo ello favorece y facilita la creación de una economía basada en hidrógeno, reduciendo emisiones y cumpliendo con los objetivos de descarbonización tanto nacionales como mundiales.

3.3. Recursos Clave

Para poder implementar cualquier tipo de energía hay que contar con diferentes recursos claves para su extracción, producción, almacenamiento y dispensación. Para la implementación del hidrógeno verde, las energéticas han de abordar numerosos desafíos en relación con estos recursos necesarios, en su mayoría tecnológicos, para poder coordinar toda la cadena de valor de forma eficaz y eficiente y así, mejorar la accesibilidad y la competitividad de este tipo de energía renovable. Así pues, se explorarán cuáles son los recursos esenciales y claves para acelerar la implementación de proyectos o el diseño de algunos emergentes, para así, avanzar en la transición a una economía basada en energías renovables.

Los recursos considerados como esenciales son los recursos tecnológicos, energías renovables y recursos legislativos y políticos.

3.3.1. Recursos Tecnológicos

Los recursos tecnológicos hacen referencia a todos los recursos procedentes de la tecnología que permiten el desarrollo de una actividad mejorando su productividad. Es decir, son todos aquellos recursos surgidos de la innovación científica y tecnológica que han contribuido a mejorar el rendimiento al facilitar la consecución de objetivos de forma más rápida y sencilla (Etecé, 2023). Dentro del marco del hidrógeno verde se centralizan en electrolizadores, sistemas de almacenamiento, tecnología para la conversión, y para la monitorización y el control.

Electrolizadores

Los electrolizadores son un tipo de recursos tecnológico cuyo uso predomina en el mercado del hidrógeno para descomponer el agua en oxígeno e hidrógeno. Dentro de estos hay varios tipos según sus características, y enfocados al hidrógeno verde los más

importantes son los electrolizadores alcalinos (AWE o ALE), los de membrana polimérica (PEM o PEMWE) y los de óxido sólido (SOEC) (Carrasco E. R., 2022).

El proceso técnico que se da en los electrolizadores alcalinos es que el agua se combina con una solución electrolítica, que suele ser hidróxido de sodio o hidróxido de potasio. En estos electrolizadores se combina un ánodo, un cátodo y una membrana para formar una célula. Para fabricar simultáneamente hidrógeno y oxígeno, estas células se conectan en serie. Los iones de hidróxido fluyen a través del electrolito desde el cátodo hasta el ánodo de cada célula cuando se suministra corriente eléctrica a las células. Este proceso da lugar a la formación de burbujas de gas de hidrógeno en el lado del cátodo del electrolizador y, por otro lado, de burbujas de gas de oxígeno en el ánodo (Crowcon, 2022).

Como estos electrolizadores no emplean metales caros como catalizadores, llevan utilizándose más de un siglo. Sin embargo, son enormes y no son muy adaptables (Iberdrola, 2022). Otras de las inconveniencias presentadas es que tienen una menor eficiencia de entorno a un 60-70% en comparación con los PEM y SOEC, y su arranque carece de rapidez y su tiempo de carga es lento en comparación con el resto (Carrasco E. R., 2022).

En los electrolizadores PEM o PEMWE, el hidrógeno se produce utilizando una membrana única y una sustancia sólida. El agua se divide en hidrógeno y oxígeno cuando se introduce electricidad. En el lado del cátodo, los protones del hidrógeno fluyen por la membrana y se transforman en hidrógeno gaseoso. Estos electrolizadores presentan numerosas ventajas sobre otros electrolizadores que hacen que se sitúen como una de las alternativas de producción más adecuadas para su uso en las renovables.

En primer lugar, debido a su diseño más compacto se consigue una mayor eficiencia y mayores presiones a la salida del electrolizador. El nivel de pureza del hidrógeno que se consigue es de hasta el 99,99% (Carrasco E. R., 2022) y lo hace tan atractivo para las energías renovable puesto que se pueden mover fácilmente de lugar. Tiene como inconveniente principal que su elevado coste frente a las otras tecnologías por el uso de materiales preciosos para su uso (Iberdrola, 2022).

Finalmente, los electrolizadores de óxido sólido (SOEC). Se encuentran en fase de desarrollo, pero muchas empresas tratan de invertir en esta solución puesto que se sitúa como la más eficiente (López, 2023). Estos funcionan a temperaturas superiores, de ahí su denominación del proceso como “HTE”, electrolisis de alta temperatura. En este procedimiento, el oxígeno viaja a través de una membrana cerámica y se combina con el agua en el lado del ánodo para producir oxígeno en forma de gas, mientras que los electrones se mezclan con el agua en el lado del cátodo para producir gas hidrógeno (Iberdrola, 2022). Para el proceso se necesita una fuente de calor que puede ser a través de fuentes externas como el aprovechamiento del calor residual de la industria, la energía eólica o la energía solar (Carrasco E. R., 2022).

Sistemas de Almacenamiento

Otros de los recursos tecnológicos esenciales es tener sistemas de almacenamiento seguros y eficientes. Hay diferentes formas y cada una tiene sus ventajas e inconvenientes. Las formas más populares de almacenamiento son:

- El hidrógeno se comprime a alta presión (normalmente 200-700 bares) y se almacena en cilindros o tanques especializados como gas comprimido (GNC). La cantidad de hidrógeno que puede almacenarse se ve limitada por la necesidad de tanques robustos y pesados en esta tecnología de uso común y generalmente segura (Apilados, 2017).
- Los hidruros metálicos son compuestos que se crean cuando el hidrógeno se combina con metales específicos y se almacenan como tales. A presiones y temperaturas normales, estas sustancias son capaces de almacenar y liberar hidrógeno de forma segura (Melnichuk, 2010).
- El almacenamiento de líquidos criogénicos se basa en que el hidrógeno se enfría hasta un estado líquido a una temperatura muy baja (-253 °C). El hidrógeno ocupa menos espacio en esta forma, lo que facilita su almacenamiento y transporte a grandes distancias. Sin embargo, este método requiere instalaciones criogénicas especializadas, debido al uso de contenedores criogénicos altamente aislados para evitar pérdidas por evaporación. Además, es posible que se produzcan pérdidas de igual

manera durante la licuefacción, de aproximadamente un 30-40 % (García-Conde, 2010).

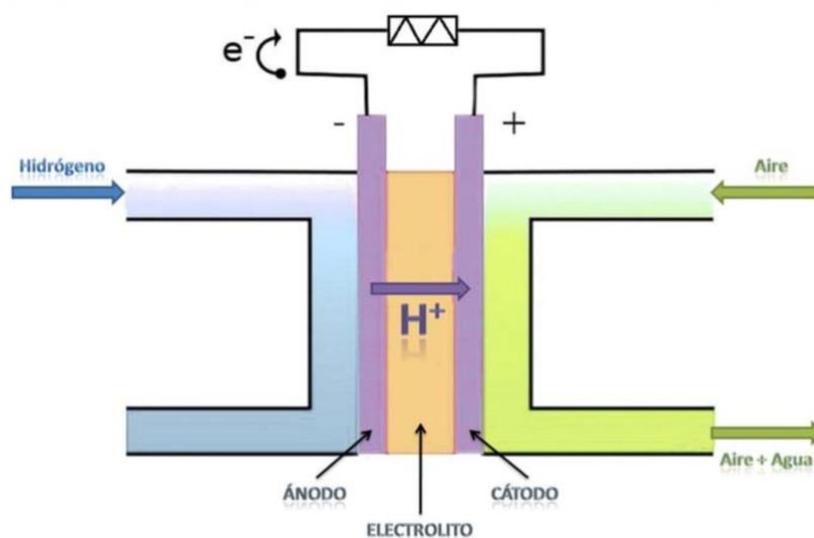
- Los hidratos son formaciones cristalinas que se crean como resultado del atrapamiento de moléculas de hidrógeno por moléculas de agua. Aunque esta tecnología de almacenamiento es actualmente experimental y necesita más desarrollo, tiene un gran potencial de densidad y se realiza a bajas presiones (Vega, 2020).

Tecnologías de Conversión

Los recursos tecnológicos necesarios para la tecnología de conversión hacen referencia a la capacidad de poder desarrollar instrumentos tecnológicos con el fin de poder facilitar el uso del hidrógeno en sus diferentes enfoques industriales. Dependiendo del consumidor final de esta energía según su sector, es decir, para aplicaciones de movilidad o industriales, se han de utilizar y desarrollar unos recursos esenciales u otros. Para el caso de las aplicaciones de movilidad, nos centraremos en el uso de pilas de combustibles. Mientras que, para los usos industriales, es necesario contar con sistemas eficaces que favorezcan su uso en las diferentes aplicaciones para cada sector industrial.

En cuanto al enfoque de las pilas de combustible, el hidrógeno se está desarrollando en un enfoque de pila de combustión. Un proceso por el cual dentro del motor se usa oxígeno e hidrógeno para producir electricidad. Como se puede ver de forma esquematizada en la imagen a continuación, se basa en introducir el hidrógeno para que con el oxígeno se dé una reacción química. En la reacción, los electrones se mueven hacia el cátodo, pero como no pueden pasar a través de la membrana, utilizan un circuito eléctrico para generar energía que se pueda usar (Criado, 2014).

Ilustración 15: Funcionamiento de una pila de combustible de hidrógeno



Fuente: Criado (2014)

Otro de los recursos clave dentro de este enfoque de convertibilidad, es facilitar su uso a través de la cogeneración dentro de las aplicaciones industriales. Este proceso se basa en utilizar un tipo de fuente de energía primaria para generar energía eléctrica y térmica. Así pues, en este sentido se usaría el hidrógeno verde para producir la energía final adaptada a su uso. Tiene grandes aplicaciones para facilitar su accesibilidad en el sector industrial, residencial y el sector terciario (Acogen, 2021). Además, este modelo mejora la eficiencia energética, lo que conlleva a una reducción de costes por las mejoras en el rendimiento y como permite usar cualquier tipo de energía para poder producir la energía eléctrica y térmica, favorece acabar con las dependencias energéticas (Repsol, 2023).

Monitorización y Control

En cuanto a los recursos necesarios para el control y monitorización, como el hidrógeno presenta grandes riesgos en cuanto a volatilidad y a la posibilidad de explosiones, es de gran relevancia tener en cuenta todos los posibles riesgos tanto en el diseño como en su posterior uso. Estos recursos se materializan en cumplir diferentes herramientas que tratan de determinar estándares sobre el control y cumplimiento legislativo de manera exhaustiva para evitar cualquier tipo de siniestro. Siguiendo el artículo “La seguridad en la industria del hidrógeno verde” realizado por INERCO, empresa dedicada al desarrollo industrial de soluciones sostenibles, hay que considerar

los aspectos resumidos en la imagen insertada a continuación (Reyes, Santos, & Navarro, s.f).

Ilustración 16: Gestión integral de la seguridad de un proyecto de hidrógeno verde



Fuente: Elaboración propia según la información de INERCO, s.f.

Se puede ver como desde el diseño (ingeniería conceptual, ingeniería básica e ingeniería del detalle) se someten a numerosos marcos regulatorios con el fin de crear diseños que reduzcan las posibilidades de que ocurran incidentes. Para cumplir con la seguridad en la operación, normalmente las energéticas se fundamentan en el concepto de Gestión de Seguridad de Procesos (PSM) para evaluar todos los peligros asociados a la operación considerando aspectos como inspecciones, pruebas y mantenimiento de equipos, formación de personal o relaciones con proveedores. Dentro de la gestión de los activos, se considera como esencial, en términos generales, optimizar las instalaciones y garantizar su fiabilidad aplicando métodos para mejorar el mantenimiento y la fiabilidad de los equipos, junto con medidas de seguridad utilizando herramientas como las que ofrece la norma ISO 55000 (Reyes, Santos, & Navarro, s.f).

3.3.2. Recursos para la obtención de Energías Renovables

Dejando atrás los recursos tecnológicos requeridos para la propuesta de valor de la producción de hidrógeno renovable competitivo y accesible, se dará pie a los recursos

en relación con las energías renovables. Este enfoque parte de la idea de que, para poder producir este hidrógeno, se necesitan fuentes de energías renovables. Dentro de estas existen numerosas alternativas como la solar, eólica, hidráulica o hidroeléctrica, biomasa, geotérmica, mareomotriz, olamotriz, bioetanol o biodiesel (Acciona, s.f.). Pero se priorizará la explicación entorno a la energía solar o eólica por su uso más masificado y por su mayor penetración actual en el mercado.

Para poder consumir energía solar hay que producirla. Para ello, el uso más común es a través de placas solares utilizando el sol como fuente principal. Se predice que la energía solar conseguirá situarse como la más barata en el medio plazo (Endesa, 2019). Por otro lado, la energía eólica, para su producción es necesario un aerogenerador que con el movimiento de sus palas genera electricidad. Este tipo de proceso es capaz de generar una cantidad de energía comparable con aproximadamente 1000 kg de petróleo (FactorEnergía, 2018).

Ambas comparten las ventajas de que su generación no se emiten gases ni se un proceso de combustión. Sin embargo, también comparten el inconveniente de que se alimentan de tanto la luz solar como del viento, factores que a pesar de que en ciertas regiones se conoce que son más propensos, existe un factor de incertidumbre y de cambios estacionarios que supone un inconveniente a la hora de asegurar la existencia de su fuente de alimentación (AQUAEFundación, 2021).

3.3.3. Recursos legislativos y políticos

En relación con los siguientes recursos necesarios, los recursos legislativos y políticos, cabe destacar que estos juegan un papel fundamental para apoyar y promover el desarrollo del hidrógeno verde. Este apoyo se debe materializar en la aplicación de leyes y reglamentos que apoyen la producción, distribución y uso del hidrógeno verde, así como, el desarrollo de incentivos y políticas fiscales que promuevan su adopción (Ej. Pacto Verde Europeo) o penalizaciones a aquellos que no se sumen a la transición. Es más, España necesita una mayor implicación de este tipo de recurso legislativo puesto que mayores ayudas públicas y un marco administrativo más sintetizado y esquematizado son elementos claves para un mejor desarrollo de esta energía (Aragón, 2022).

Así pues, son numerosos los recursos esenciales necesarios pasando por los tecnológicos como los electrolizadores o los sistemas de almacenamiento, junto con la necesidad de contar con energías renovables como la solar o eólica. Además de otros paralelos como los legislativos y políticos que favorezcan la idea de implementar el hidrógeno y ayuden a agilizar y fomentar los proyectos que traten de implementar este tipo de energía en la economía. Sin la inversión en estos recursos y su adopción, el desarrollo del hidrógeno verde será más paulatino, alargando la problemática del cambio climático y desfavoreciendo la creación de una economía libre de emisiones.

3.4. Propuesta de Valor

La propuesta de valor en términos generales del hidrógeno verde reside en cumplir con los objetivos marcados por parte de la Unión Europea y todos sus estados miembros de reducir las emisiones con el fin de frenar el cambio climático. Para ello, se necesita trabajar en la propuesta de valor más específica de poder desarrollar este tipo de energía de forma eficiente y competitiva, para ayudar a las empresas consumidoras y a la sociedad a adoptar las energías renovables como una alternativa óptima, tanto a nivel económico como medioambiental.

Los objetivos se materializan desde la Unión Europea que fija la neutralidad climática para 2050 en el Pacto Verde Europeo, presentado en 2019, donde se estipulan una serie de pautas para tratar de reducir la huella de carbono y abordar el cambio climático. Dentro de estos, se prioriza la descarbonización del sector energético debido a que suponen más del 75% de las emisiones de gases de efecto invernadero (Europea C. , 2022). Hay objetivos a medio plazo para lograr la transición ecológica como la reducción de como mínimo, un 55% las emisiones de gases en comparación con 1990 (Europea C. , 2022). Otra de las metas es, por ejemplo, la neutralidad de emisiones procedentes de nuevos vehículos hasta 2035.

Además, el uso de energías renovables como el hidrógeno beneficia a las entidades consumidoras en su aportación a la sociedad creando una imagen de marca más positiva y evitan sanciones, impuestos o multas por la emisión de gases o no tener un proceso productivo que cumpla con los requisitos de sostenibilidad. Desde la Unión

Europea en este sentido, ya se han emitido paquetes que estipulan nuevas normativas de tipo legal y sanciones monetarias.

Así es el paquete denominado Objetivo 55 o “*Fit for 55*”, que trata de traducir en leyes los objetivos implantados desde la Comisión Europea. Esta iniciativa comprende una serie de propuestas para legislar e imponer de forma fiscal los planes de acción y objetivos necesarios para lograr cumplir los propósitos de descarbonización. Dentro de este, se encuentran numerosas normativas propuestas dentro de cada punto entre las que se destacan:

- Régimen de derechos de emisión de la UE: trata de tener una mayor implicación dentro del RCDE UE, el mercado de carbono de la Unión Europea que fija las máximas cantidades y los cambios entre entidades de derechos de emisión. En este mercado participan tanto los grandes consumidores de energía como los generadores de electricidad. Desde las propuestas del *Fit for 55*, se pretende acelerar el proceso de reducción de derechos de emisiones, además de, prohibir la característica de gratuidad que mantienen otros sectores, como es el caso de aquellos con peligro de fugas de carbono (Demográfico, 2012). Además, se incluye el CORSIA (Plan de Compensación y Reducción de Carbono para la Aviación Internacional), con el fin de compensar las emisiones causadas por la aviación internacional.
- La creación de la MAFC, el Mecanismo de Ajuste por Frontera de Carbono. este mecanismo se centraliza en las importaciones de los bienes que procedan de industrias intensivas de carbono. Su objetivo es evitar el problema de deslocalización que pueda ser causado por el hecho de que, las empresas se deslocalicen a zonas no europeas que no se sometan a ajustes legales.
- Para el objetivo de la reducción de emisiones, se establecen unos requisitos vinculantes sobre las emisiones de gases de efecto invernadero en aquellos sectores todavía no regulados por ningún mercado o reglamento. Así pues, se incluyen a objetivos vinculantes los siguientes sectores: transporte tanto por carretera como marítimo, edificios, agricultura, residuos y pequeñas industrias.
- Desarrolla una propuesta de objetivos para acelerar la progresión en la reducción de emisiones para turismos y furgonetas para 2030.

- La reducción de emisiones de metano en el sector energético. Esta medida en particular favorece de gran manera el impacto, ya que, el metano se posiciona en segundo lugar como el gas invernadero con mayor presencia en la atmósfera (Rosario, Carbonell, Martinez, & Flores, 2005).
- La propuesta “*Refuel Aviation*” se engloba en la reducción de emisiones por parte del sector de la aviación con el uso de biocombustibles o electro combustibles.
- Para el sector marítimo, un mayor uso de combustibles renovables. Además, así reducir progresivamente la dependencia de este sector de los combustibles fósiles.
- En cuanto a la infraestructura de las alternativas energéticas renovables, se propone un reglamento que permita el despliegue de mayores puntos de suministro con el fin de crear una red que abarque las necesidades de suministro de ciudadanos y empresas.
- Se propone la revisión de la anterior Directiva sobre Fuentes de Energías Renovables, para aumentar de un 32% a un 40% el uso de energía renovable en el sector energético. Se prioriza su integración y fomento en los sectores del transporte, construcción e industria.
- Para la mejora de la eficiencia energética, se desarrollan una serie de normativas con el fin de someter a los Estados Miembro a un mayor ahorro de la energía y reducciones en sus consumos en los edificios de uso público.
- También en cuanto a eficiencia energética, más en particular, a la de edificios públicos, se propone la revisión de la previa Directiva para aumentar sus eficiencias energéticas hasta 2030 y a posteriori. Entre estas se incluye la normativa de que, todo nuevo edificio construido hasta 2030 ha de ser un edificio de cero emisiones, y para 2050, los ya levantados se han de transformar a edificios sostenibles.
- Se propone para al ámbito energético, la “Imposición de los Productos Energéticos y de la Electricidad”, cuyos objetivos incluyen:
 - Adaptar los impuestos sobre la energía y electricidad
 - Proteger e impulsar el mercado interior europeo en base al perfeccionamiento de la lista de productos energéticos y del esquema de los tipos impositivos.
 - El mantenimiento de la capacidad de generación de ingresos para los presupuestos de los Estados miembros.

El *Fit for 55* es uno de los principales ejemplos que trata de traducir los objetivos en leyes que perjudiquen a las entidades que no fomenten su transición y alineen sus estrategias para lograr los objetivos de neutralidad climática en el medio y largo plazo. Esto supone la progresiva obligatoriedad, y no voluntad, por parte de las empresas a unirse a la transición de un mundo con mayores consideraciones medioambientales. Así pues, las entidades que fomenten el uso de energías renovables evitarán este tipo de leyes que afectan directamente a las empresas que permanezcan utilizando energías de tipo no renovable.

Otro ejemplo que trata de ayudar a un mayor desarrollo de las energías limpias a través de sanciones es la Unión Europea a través de su *Emission Trading System* (ETS), reforzando aún más sus penalizaciones frente a la emisión de gases. Dentro de su revisión para la Fase 4 (2021-2030), se incluyen determinadas propuestas que, en términos generales, tienen como objetivo reducir los derechos de emisiones. Afirman que el número de derechos de emisión se reducirá en un 2,2% anual desde 2021 hacia delante, comparado con el 1,74% de reducción anual que se venía aplicando.

Esto se puede ver reflejado en que el precio medio de los derechos de emisión de 2022 triplicó el del 2020, pasando de una media de 25 €/tonelada a registrar valores de más de 80 €/tonelada. Estas subidas tienen, en consecuencia, altos costes en las entidades con mayores consumos de derechos de emisión por sus actividades contaminantes. Un ejemplo de las consecuencias de estas subidas es la solicitud del cierre de algunas de las plantas productoras de electricidad a utilizando carbón como materia prima, debido las grandes sanciones que debían de pagar por su actividad contaminante (Efe, 2022).

Las subidas en costes de las empresas con mayores niveles de contaminación favorecen la transición y adopción de las nuevas alternativas renovables. Puesto que, el aumento del coste de la molécula se ve compensado por el ahorro de sanciones públicas al contaminar y emitir. Así pues, la adopción de legislaciones y de medidas que sancionen y traten de reducir las emisiones contaminantes impulsan la implementación de las energías renovables aportando valor a la propuesta del hidrógeno verde.

En resumen, la propuesta del hidrógeno verde es poder satisfacer a los consumidores de un tipo de energía renovable, que evite las emisiones tanto de las

empresas energéticas productoras como de las entidades que adopten el hidrógeno en su cadena de producción y así evitar sanciones por malas prácticas o emisiones. Este tipo de energía también deberá de aportar valor en cuanto a eficiencias energéticas y a ser una alternativa competitiva. Así, se podrá ayudar a limitar el cambio climático y hacer la transición a una economía libre de emisiones.

3.5. Segmentos de Clientes

Para que el hidrógeno se utilice ampliamente como fuente de energía, es crucial comprender los numerosos grupos de consumidores a los que puede suministrar. De entre los diferentes sectores industriales hay algunos con mayor cavidad para el hidrógeno verde por su previa experiencia con el hidrógeno gris, o por mayores rendimientos energéticos frente a las energías fósiles. Dentro de este enfoque, y por el mercado actual, se priorizará el análisis en la industria química, automovilística y siderúrgica.

3.5.1. Industria Química

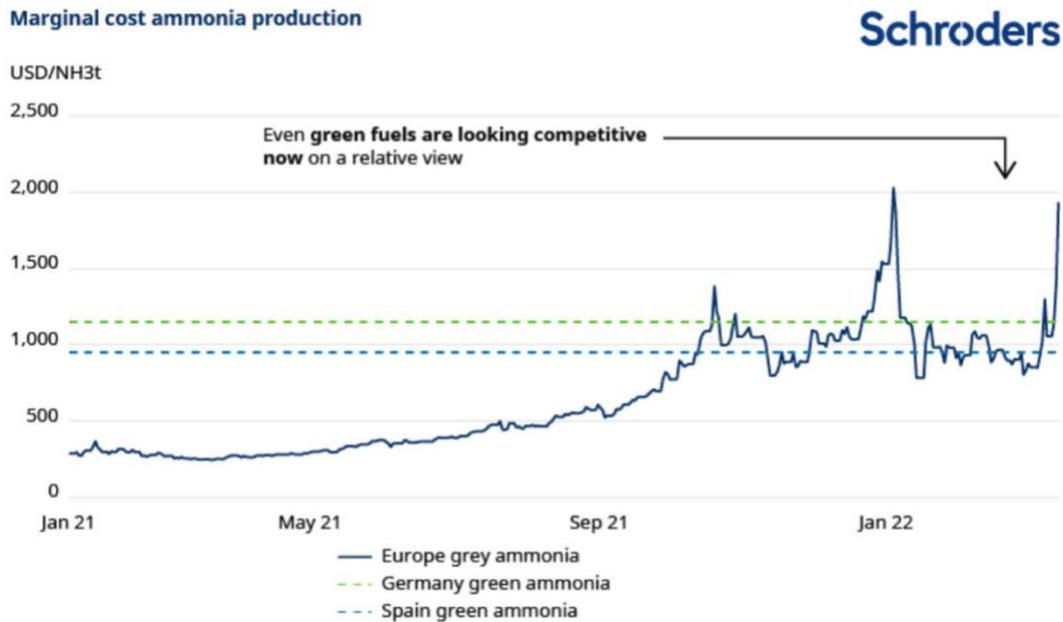
La industria química es la líder en el uso de esta molécula de origen no renovable como materia prima. Dentro de esta, su uso se enfoca, en primer lugar, en la producción de amoníaco para su uso en los fertilizantes (HidrógenoVerde, 2020). Es por ello, el enfoque de la alianza entre Iberdrola y Fertiberia con su proyecto en Puertollano, siendo Fertiberia el consumidor de la molécula con el fin de reducir las emisiones en su producción de amoniacos y fertilizantes.

La producción de amoníaco ronda los 180 millones de toneladas métricas, utilizando el 90% de estas para la fabricación de fertilizantes, que consumen en su inmensa mayoría el sector agrícola. El problema reside en que por cada tonelada de amoníaco se emiten alrededor de tres toneladas de CO₂ (TrescaIngeniería, 2022). Esto provoca situar al hidrógeno verde como una alternativa tentadora para adoptar su uso dentro de la producción del amoníaco.

Cuando se da el uso de fuentes de energías renovables para la producción de amoníaco se da el denominado “amoníaco verde”. En el gráfico insertado a continuación, se puede ver como las altas tasas impositivas sobre las emisiones hacen que el coste medio

de producción del amoníaco tradicional se vea con tendencias crecientes. Por lo tanto, subidas en los costes del amoníaco no renovable favorece la adopción del amoníaco verde por la paridad de costes entre ambos (Monk, 2022).

Ilustración 17: Comparativa del coste de producción del amoníaco frente al amoníaco verde



Fuente: Valencia Plaza a través de datos de Bloomberg, BNIEF, IEA, IRENA, SEIA y Schroders (2022)

Además, a pesar de los mínimos proyectos en España acerca de esta nueva alternativa, cabe destacar una serie de proyectos en desarrollo para la producción de este tipo de amoníaco a nivel internacional (Vilela, 2022):

1. Unigel, una corporación química, ha comenzado la construcción de una planta combinada de hidrógeno y amoníaco en el estado de Bahía, en el noreste de Brasil. Se espera que produzca 40.000 toneladas de hidrógeno verde y 240.000 toneladas de amoníaco verde al año en 2025 (Medinilla, 2023).
2. Woodside Energy elegida por Meridian Energy como principal socio del proyecto Southern Green Hydrogen en Southland, Nueva Zelanda. La planta de amoníaco verde generará hasta 550.000 ton. de amoníaco verde anualmente, alimentada por una instalación de energía renovable de 600 MW (Energy, 2022).
3. Hive Energy está desarrollando el parque solar más grande de Sudáfrica, con una capacidad de 1 GW, para alimentar su planta de Coega, que producirá 780.000

toneladas de amoníaco verde al año, principalmente para su exportación a Extremo Oriente, Europa y Estados Unidos (Energía, 2021).

4. Intercontinental Energy está trabajando en varios proyectos de amoníaco verde, incluyendo el Centro Asiático de Energía Renovable de 26 GW en Australia y el proyecto Green Energy Oman de 25 GW, que producirán anualmente 1,8 millones de toneladas de hidrógeno verde y 10 millones de toneladas de amoníaco verde (Biocarburantes, 2022).

3.5.2. Industria Siderúrgica

Dentro de la industria siderúrgica, es clave la introducción de energías renovables, puesto que, dentro de esta industria por cada tonelada que se fabrica de acero, se emiten 1,85 ton. de CO₂ (WorldSteel, 2021). Esta estimación correspondería de igual manera a que la producción de materiales de acero supone el 8% de las emisiones de dióxido de carbono mundiales (WorldSteel, 2021). Esto se debe al uso para su fabricación de lo llamado hornos BF-BOF (*Blast furnance-basic oxygen furnance*) que suponen un alto consumo de energías fósiles.

Que tanto la industria del acero como del hierro incluyan nuevas alternativas renovables favorece que, como su uso suele ser como materia prima en muchas de las diferentes cadenas de valores de diferentes procesos, sus clientes incorporen infraestructuras renovables que favorezcan la adopción de un modelo de producción más sostenible. A fin de cuentas, son los proveedores de infraestructuras para la generación de centrales eléctricas o para reducir la gravedad de los nuevos vehículos (Celada-Casero, 2022), lo que permite que las entidades productoras incorporen infraestructuras cuya producción haya sido elaborada libre de emisiones.

Es por ello, que el encaje del hidrógeno verde en este sector se da en que el consumo de los hornos no proceda de energía fósiles, sino de alternativas renovables. Es más, ya hay presencia de proyectos en España dirigidos a este fin. Es el ejemplo del proyecto H-Acero, consorcio que tiene como fin incluir al hidrógeno verde en el modelo de producción de la industria siderúrgica. Se centra en cuatro objetivos prioritarios, que se resumen en: la fabricación de equipos adecuados, otra centrada en consumibles, la tercera

enfocada al propio hidrógeno y finalmente, otra específica para el proceso productivo, mejorando eficacias y eficiencias (SPRI, 2022).

Para impulsar el uso de las renovables en esta industria, se ha aprobado conceder a Arcelormittal, empresa pionera de la industria siderúrgica a nivel mundial, una ayuda de 450 € millones para promover el proyecto de transformación de sus plantas en Asturias (LaInformación, 2023). Dentro de la transformación, se pretende reformar la cadena de producción para que el consumo sea en base al hidrógeno verde.

3.5.3. Industria Automovilística

Dentro de este sector, la producción se centra en vehículos de pila de combustible (explicación previa en el apartado de “Tecnologías de Conversión”), por sus ventajas tanto para el sector de los turismos o vehículos ligeros, como para el transporte pesado. En este sentido, el hidrógeno verde se sitúa en la industria automovilística como una alternativa renovable que evita las emisiones trazando el camino hacia la descarbonización de este sector.

Las ventajas de este tipo de vehículos son numerosas. Así pues, los vehículos de pila de combustible tienen una mejor eficiencia energética, que aquellos que utilizan combustión interna de H₂. Esto se debe a que un vehículo de pila de hidrógeno alcanza una eficiencia de un 60% frente a los de combustión interna de un 20-30% (Blas, 2022). Pero, actualmente, son pocos en el mercado, aunque son ya varios los proyectos enfocados al suministro de este tipo de vehículos (Ej. Red de Hidrogeneras de Naturgy).

A continuación, se presenta una tabla con los vehículos comercializables existentes dentro de este enfoque, especificando su comercialización o no nacional. Cabe destacar la creciente penetración de estos vehículos en el mercado que se puede ver reflejado en que las ventas del modelo Hyundai Nexa ya corresponden a más de 1000 unidades en el tercer trimestre del 2021 (Hyundai, 2021).

Ilustración 18: Modelos de vehículos ligeros comercializables propulsados por hidrógeno verde

MODELO	PILA DE COMBUSTIBLE (SÍ/NO)	AUTONOMÍA (KM)	TIEMPO DE REPOSTAJE (min)
<i>Comercializados en España</i>			
Hyundai Nexo	Sí	666	5
Toyota Mirai	Sí	500	3
<i>Comercializados fuera del Territorio Nacional</i>			
BMW i Hydrogen NEXT	Sí	500	3 a 4
Hopium Machina	Sí	1000	3

Fuente: Elaboración propia según Movilidad Eléctrica y Neomotor (2023)

Dentro del transporte pesado, las ventajas de los vehículos de hidrógeno frente a los eléctricos hacen que se desarrolle una mayor demanda por parte de estos de cara a la transición energética de las renovables. Un camión eléctrico cargado a través de un cargador tipo CA (corriente alterna) tarda aproximadamente 9 horas en cargarse completamente, y con un cargador CC (corriente continua) unas dos horas (Volvo, 2023). Mientras que, un camión de pila de combustible de hidrógeno tarda una media de 15 minutos. Además, se espera que los vehículos de pila de combustible de hidrógeno tengan el doble de autonomía en comparación con los vehículos eléctricos, permitiéndoles recorrer más kilómetros con una carga completa en base a un depósito de combustible de hidrógeno (Walker, 2023).

La demanda de hidrógeno, por lo tanto, se resume a los fabricantes de los camiones de hidrógeno que necesiten de la molécula para su funcionamiento. Actualmente, según el Portal de Movilidad Español (2021), se resumen en: Daimler Truck, Volvo, Iveco, Hyundai, General Motors, DAF y Toyota. Sin embargo, no se encuentra la presencia de este tipo de vehículo pesado en España ya comercializable.

Dentro de este ámbito de vehículos de larga distancia, se encuentra otro enfoque dirigido al consumo de hidrógeno en autobuses. Estos también se aprovechan, sobre todo, del tiempo de repostaje, evitar las emisiones y de la eficiencia energética. Un claro ejemplo está en el actual uso (en marcha desde enero 2022) de un autobús de hidrógeno en base a pila de combustible ya implementado en la línea de Torrejón de Ardoz (Madrid). Sus características principales son de una autonomía mínima de 400 km y un repostaje de nueve minutos de duración, consumiendo siete litros de hidrógeno verde a los 100 km,

equivalente a 50 litros de diésel. Esta equivalencia se traduce en la evasión de emitir 132 kg. de CO₂ (David, 2023).

Así pues, el hidrógeno verde se presenta como una solución a la reducción de emisiones contaminantes en diversos sectores industriales, priorizando como principales consumidores la industria química, siderúrgica y automovilística. Su progresiva adopción favorecerá que se adopte este tipo de energía renovable en otras aplicaciones industriales, gracias a fomentar su uso masivo y lograr una mayor penetración de esta energía en el mercado. Por lo tanto, es esencial lograr una penetración del hidrógeno verde en estos mercados que se posicionan con un mayor potencial para el consumo de hidrógeno renovable.

3.6. Relaciones con los Clientes

En este apartado, se desarrollarán las actividades principales en relación con cómo actuar para poder aumentar, mantener y hacer crecer a los clientes en el enfoque del hidrógeno verde. Para ello, es clave desarrollar campañas de marketing y acciones comerciales que se alineen con la estrategia de situar el hidrógeno renovable como la mejor de las alternativas emergentes. Es por ello, que esta sección se desarrollará en torno a definir las acciones claves dentro de un enfoque de marketing y publicidad.

En primer lugar, para poder dar a conocer y poner en valor el producto, hay que desarrollar un Plan de Marketing del Producto (Cardona, 2018). Este se focaliza en definir cinco pasos clave con el fin de focalizar los esfuerzos comerciales hacia los segmentos clave, además de poder conocer y planificar las ventajas principales del hidrógeno para cada uno de estos. Así pues, procederemos a la identificación del *target*, a definir los argumentos de venta más diferenciadores, los medios por los que dirigir los temas en relación al hidrógeno verde, a cómo potenciar las acciones comerciales y al último apartado, planificación y control de actividades.

3.6.1. Identificación del Target

A pesar de conocer que los mayores consumos actuales de hidrógeno vienen dados por sectores como el químico, en refinerías o en el sector metalúrgico, el target esencial

que adoptará el hidrógeno verde son las entidades que verdaderamente creen y apuesten por la transición energética renovable. Se puede ver reflejado en acciones empresariales como contar con unidades de Responsabilidad Social Corporativa (RSC) o en la publicación de sus Reportes de Sostenibilidad. Otro elemento fundamental es hacer una investigación del mercado con el fin de conocer qué entidades apoyan o forman parte tanto de asociaciones en relación con el fomento del hidrógeno, como aquellas que lideran proyectos con este mismo fin.

3.6.2. Argumentos de Venta

Se trata de conocer las principales ventajas del producto, en este caso del hidrógeno verde, pero enfocarlo a las necesidades de los clientes enfatizando en cómo les ayudará a mitigar sus riesgos empresariales y las ventajas que le aporta (Cardona, 2018). Es por ello, que es clave recalcar en que la adopción del hidrógeno permite una creciente reducción en costes por cumplir con las normativas de sostenibilidad, evitando impuestos por emisiones o sanciones. Se debe convencer de que, a pesar de tener actualmente un precio más elevado que el uso de energías fósiles desde HyDeal España, la infraestructura de hidrógeno renovable más extensa a nivel global, se afirma por parte del presidente Thierry Lepercq, que el coste para 2025, fecha de finalización del proyecto, será de 1,5 €/kgH₂ (Enertic, 2022).

Además, al ser una alternativa emergente, utilizar el argumento de ser pioneros permite recalcar en las ventajas que esto supone. Así pues, esto permite el efecto de situarse en un mejor posicionamiento en el mercado y adquirir una mayor ventaja competitiva frente a los competidores. Esto se refleja en que permite establecerse como un referente en la industria, destacarse de la competencia para obtener una mayor visibilidad de la marca e incluso abrir nuevos mercados al identificar peticiones de la demanda en la propuesta de valor insatisfechas en los consumidores por haber adquirido primero el *know-how* (MJV, 2022).

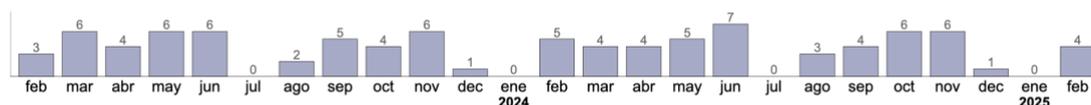
3.6.3. Medios de Difusión

Es clave publicitar y difundir todas las actividades realizadas, en proceso o propuestas por parte de las entidades en el enfoque del impulso al hidrógeno verde. Para así, permitir

ver los progresos y la voluntad de la empresa de convertirse en un agente influyente en este mercado todavía en desarrollo. Para ello, existen diferentes medios por los que difundir estas actividades, así como en la propia página web, donde se cree un apartado en relación con esas actividades y reflejen el interés por mejorar la accesibilidad y penetración de este tipo de energía. Con el fin de, situarse en la mente de los consumidores como referentes en este sentido.

Otro método de difusión son las redes sociales, así como Instagram o LinkedIn, donde se pueda mostrar a los clientes actuales y futuros todos los progresos conseguidos. Además, ya son numerosas las conferencias y eventos realizados en este sentido para compartir conocimientos sobre el tema y hablar de las tendencias futuras. Para ello, es útil contar con herramientas que faciliten el conocimiento que los lugares y fechas de estas conferencias. Un ejemplo es la web EventsEye, posicionada como la plataforma en línea más “completa, útil y fiable” dedicada a las principales exposiciones y ferias comerciales a nivel global (Evvnt, 2013). Dentro de esta web se proporciona un calendario con los principales eventos, filtrado por “Biocombustibles-Hidrógeno”.

Ilustración 19: Calendario de Ferias y Exposiciones filtrada por Biocombustibles-Hidrógeno



Fuente: EventsEye (2023)

3.6.4. Potenciación de las acciones comerciales

Para que se dé un proceso de acciones comerciales efectivo es necesario tener un equipo de comunicación organizado, compuesto por personas tanto conocedoras del tema en particular, como involucrar a la dirección en este para dar una mejor acogida de los mensajes (Cardona, 2018). En este sentido, es esencial que los responsables de la comunicación sean profesionales, que no comentan errores y que los mensajes no den lugar a situaciones de empeoramiento de la reputación empresarial, sino que traten de poner en valor los progresos logrados y transmitan el compromiso tanto por el apoyo al hidrógeno, como por el cuidado del medioambiente y sociedad.

3.6.5. Planificación y control de las actividades

Es necesario mantener una planificación sobre el proceso de marketing y comunicación para que se mantenga a la audiencia informada a través de información relevante y no repetitiva. Para ello, es de gran utilidad contar con detalles técnicos o videos que demuestren que la información es veraz y hay un continuo interés por parte de la empresa en el desarrollo del hidrógeno verde.

En resumen, todas estas actividades tratan de aumentar la demanda, ejercicio clave a la hora de poder desarrollar de manera efectiva el hidrógeno verde en la economía. Utilizar argumentos de venta convincentes en el público objetivo ayuda a que se alineen en la estrategia de la importancia de adoptar energías renovables para cumplir con los objetivos europeos y nacionales. Si no hay un esfuerzo comercial, aparte de tecnológico, por parte de las entidades involucradas, en poder establecer una demanda fidelizada a la adopción del hidrógeno verde como alternativa renovable, se dificultará su consumo masivo y, de igual manera, su competitividad en el mercado.

3.7. Canales

Para poder alcanzar los segmentos de clientes del hidrógeno es necesario que las entidades productoras inviertan en soluciones de distribución que sean eficientes y no incrementen los costes marginales de la molécula. Dentro de estas opciones que dan pie al suministro del hidrógeno verde se destacan, la creación de redes de hidrogeneras, la inyección del hidrógeno en las redes de distribución de gas o tuberías adaptadas al hidrógeno.

3.7.1. Red de hidrogeneras

Para que la solución del hidrógeno verde sea viable, es necesario desarrollar una red de hidrogeneras que permita la accesibilidad a la molécula de forma segura y a lo largo de todo el recorrido logístico. Actualmente a nivel mundial, hay un número considerable de cientos de hidrogeneras localizadas en Japón, Alemania, Noruega y Estados Unidos, mientras que, en España, no llega a diez (Iberdrola, 2023).

Este tipo de canal se basa en puntos de carga para los vehículos adaptados al hidrógeno ya sean turismos o vehículos pesados. En estos puntos de recarga, el hidrógeno se suministra a alta presión: 350 bar para autobuses y camiones, y 700 bar para automóviles, lo que proporciona una amplia autonomía al vehículo (Hiperbaric, s.f.). El funcionamiento es muy similar al actual en las gasolineras, con la principal diferencia en de que el boquerel se ha de estancar por la característica gaseosa del hidrógeno (Motorpasión, 2023).

En España, actualmente se identifican dos principales proyectos dentro del enfoque de generar hidrogeneras dentro de una red estratégica para el repostaje de estos vehículos. Iberdrola con su proyecto del “Corredor del Hidrógeno Verde” pretende generar en la Comunidad Valenciana, el desarrollo de dos hidrogeneras, una en Valencia y otra en Alicante, junto con una planta solar en cada una de estas para su autoconsumo. Su fin principal es atender a “flotas de transporte pesado por carretera, autobuses interurbanos y vehículos ligeros industriales”, y en un segundo plano, el sector químico o ferroviario (Díaz, 2021).

Otro de los ejemplos más relevantes es la red de hidrogeneras liderada por el grupo Naturgy, proyecto bajo el nombre de WIN4H2, con el fin del desarrollo de cincuenta hidrogeneras por todo el territorio nacional. El objetivo es que, entre estas, no se superen los 300 km de distancia para garantizar el suministro de esta energía. El proyecto se divide en diferentes fases, dentro de estas, la primera tiene como objetivo unir Madrid-Valencia y Murcia, tras un estudio estratégico en el que se trata de comprender las zonas con mayores flujos de transporte pesado (Redondo, 2021).

3.7.2. Inyección del hidrógeno en gasoductos

Este canal se basa en la idea de inyectar el hidrógeno verde en la red actual de gasoductos en España, que se compone de una red de distribución 11.000 km, destacando sus seis terminales de GNL, tres localizaciones dedicadas a su almacenamiento y seis conexiones que se unen con Francia, Portugal y el norte de África (Ramírez, 2021).

Dentro de este enfoque, la terminología de *Blending de Hidrógeno* hace referencia a la mezcla en los gasoductos del hidrógeno con el gas natural. Sin embargo, hace falta

un mayor desarrollo de esta tecnología, puesto que puede suponer alteraciones en tanto “valores de densidad, viscosidad o factor de compresibilidad entre otros” (Ramírez, 2021). Es por ello, que se dan diferentes límites en cuanto al porcentaje admisible de hidrógeno en estas infraestructuras. Así es que, solo se puede inyectar un 20% de hidrógeno en estas infraestructuras (A.Roca, 2023). Sin embargo, en zonas como Reino Unido ya se ha trabajado en la modernización del 62,5 % de las redes de gas actuales usando polietileno en las tuberías para adaptarlas a la distribución del hidrógeno verde (Sostenible, 2023).

3.7.3. Tuberías de hidrógeno

También se apuesta por crear una nueva infraestructura que trate de tuberías de hidrógeno, modelo que replica el sistema de los gasoductos, pero cuyo fin es únicamente transportar el hidrógeno verde. A nivel mundial ya hay una red de más de 4.300 km. De tuberías de hidrógeno, perteneciendo el 90% a Europa y Norteamérica. Además, por su alta densidad energética en relación con su peso, pero por su baja densidad energética en relación con su volumen, en comparación con otras opciones, las tuberías de transporte de hidrógeno son más eficientes que los buques en distancias cortas y medianas (A.Roca, 2023).

Dentro de este enfoque, ya hay presencia en España de diferentes proyectos que tratan de impulsar redes de tuberías destinadas al transporte del hidrógeno verde. Es el caso del H2Med, proyecto al que recientemente se ha sumado Alemania, liderado por España, Portugal y Francia, que se espera que entre en funcionamiento en 2030 para poder transportar dos millones de toneladas de hidrógeno verde anuales (Moncloa, 2023). Este proyecto se divide en dos partes principales, por un lado, la conexión de 248 km que unirán Portugal con Zamora (denominado Celza), y por otro, un conducto submarino de 455 km que une Barcelona y Marsella (denominado BarMa). Además, se incluyen dos puntos estratégicos para su almacenamiento en Cantabria y en el País Vasco. Así pues, se inserta una figura a continuación con la representación visual sobre este corredor de hidrógeno en la Península Ibérica (Valdés, 2023).

Ilustración 20: Distribución geográfica del corredor de hidrógeno del proyecto H2Med



Fuente: elaboración propia según los datos de Xira Valdés (2023)

3.8. Estructura de Ingresos

La estructura de ingresos de un proyecto de hidrógeno verde puede variar en función de diferentes factores como son el tipo de proyecto, la ubicación o por el modelo de negocio que haya sido seleccionado. Sin embargo, a continuación, se presentan las principales partidas de ingresos que en términos generales cubren la mayoría de los proyectos de hidrógeno renovable.

- Ventas de hidrógeno: esta partida dependerá de la cantidad de hidrógeno vendida y según el precio que se haya conseguido tanto producir como vender. Actualmente, el precio del hidrógeno oscila de entre tres a diez euros el kilogramo y tomando como precio de referencia el coste en las hidrogeneras ya presentes en otros países, se mantiene un precio por kilogramo de entre 8 y 10 €/kg (HidrogenoVerde, s.f.).
- Contratos con clientes: este modelo de ventas es un acuerdo comercial donde ambas partes pactan un continuo suministro ya sea a corto o largo plazo con un precio fijo o variable de hidrógeno verde. Que el contrato sea a largo plazo

permite asegurarse una fuente de ingresos continua a diferencia de contratos a corto plazo o simplemente para realizar pequeñas pruebas para testear el hidrógeno verde. Puesto que, significa tener que incurrir en los gastos oportunos para poder montar todo el modelo de producción para suministrar únicamente a pequeñas cantidades de vehículos o pocos kilogramos para usos industriales, lo que desfavorece poder contar con economías de escala para lograr reducir el coste marginal por unidad producida.

- Subvenciones o ayudas: como la subvención *PERTE* ya analizada, en este sentido, se están convocando subvenciones para reducir los costes de los proyectos o de la investigación para el desarrollo competitivo del hidrógeno verde. Lo que permite reducir la inversión de tal forma que no suponga un gasto tan elevado iniciar el modelo de producción de hidrógeno verde.
- Se podrían dar otras fuentes de ingresos alternativas según cada modelo de negocio. Uno de los posibles ejemplos sería poder vender los subproductos que surgen de la producción del hidrógeno renovable como es el oxígeno o vapor de agua.

Así pues, estas partidas dependerán de decisiones empresariales según las diferentes variables como el precio de venta final del hidrógeno verde. Un ejemplo de un posible modelo de negocio sería seguir una estrategia de penetración de mercado incurriendo en costes los primeros años con el fin de reducir el precio de venta del hidrógeno verde. Esto reduciría en un inicio la partida de ingresos, pero permitiría adquirir una mayor cuota de mercado los primeros años donde aún la tecnología es incipiente. Y así, cada empresa decidirá su papel dentro del mercado del hidrógeno.

Sin embargo, es necesario recalcar en la necesidad de que el precio de venta del hidrógeno verde se vea reducido para poder lograr un modelo de negocio sostenible y atractivo. Para ello, es necesario contar con una demanda atada comprometida a consumir cantidades notables de hidrógeno renovable para que las empresas productoras puedan aprovecharse de consumos más altos y reducir sus costes para ser capaces de ofrecer un precio de hidrógeno accesible.

3.9. Estructura de Costes

De igual manera que la estructura de ingresos, la estructura de costes varía según el modelo de negocio que se haya escogido además de factores clave como son la dimensión del proyecto, la tecnología seleccionada o la ubicación geográfica. Por lo tanto, este análisis se hará según un modelo general contando con la producción de la molécula según el proceso de electrolisis y con el autoconsumo y producción también de la energía eléctrica renovable necesaria para la producción del hidrógeno verde, energía solar o eólica principalmente. Así pues, las principales partidas de costes generales se pueden resumir en:

- Inversiones iniciales: es la mayor partida pues dentro de esta se consideran los factores más costosos que son la adquisición o alquiler del terreno para montar la hidrogenera, la compra de equipos para tal fin y la construcción de las instalaciones. Dentro de la compra de equipos cabe destacar la necesidad de adquirir un electrolizador, compresor, sistemas de almacenamiento como tanques y dispensadores (Repsol, 2022).
- Costes de operación y mantenimiento: haciendo referencia a los costes procedentes de tanto seguros como el mantenimiento del personal, equipos y el correcto funcionamiento de la planta.
- Energía eléctrica: haciendo referencia a la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento del proceso de electrolisis. Esta energía para que sea considerado hidrógeno verde ha de proceder de fuentes de energías renovables, así como la solar o eólica. Si la producción se decide hacer *in situ* habrá que incurrir en los costes asociados a las plantas para tal fin.
- Costes en materia prima: en relación con el consumo del agua, puesto que para el proceso de electrolisis se requiere de agua, habrá gastos asociados a este suministro o a materias primas como electrolitos o catalizadores, químicos necesarios para el proceso de electrolisis (Rodriguez, Da Silva, & Urbina, 2022).

- Costes de distribución y almacenamiento: en esta partida se incluirían los costes asociados a la distribución de la molécula, el mantenimiento de infraestructuras de almacenamiento y la adaptación de los sistemas de suministro existentes para manejar el hidrógeno.
- Costes regulatorios y de cumplimiento: en ocasiones, puede existir costes asociados a los permisos o licencias requeridas para poder operar un proyecto de esta índole que habrá que incurrir.

Es necesario unir fuerzas para que las partidas en relación con los costes de producción se vean reducidos y con mejoras en los rendimientos energéticos. Además, es de vital importancia trabajar en reducir los precios de adquisición de las tecnologías necesarias para que el modelo de producción se vea reducido en su totalidad y así aminorar el coste final por kilogramo de hidrógeno producido. Para ello, es necesario incurrir en inversiones dedicadas a la mejora de las tecnologías y mejores eficiencias.

4. CONCLUSIONES

El hidrógeno se sitúa como una alternativa clave para cumplir con los objetivos de descarbonización y como solución para frenar la evolución del cambio climático y las alarmantes subidas en las temperaturas. Se ve reflejado en el apoyo dado por tanto las instituciones públicas como privadas que respaldan que el hidrógeno es y será un agente clave para reducir las emisiones y mejorar la eficiencia energética.

Tras el análisis realizado del modelo de negocio que el mercado del hidrógeno verde está adoptando y las principales líneas de actuación en cada elemento, se han podido extraer una serie de aprendizajes. Así pues, a modo de conclusión se recogen los variables esenciales para poder lograr un modelo de negocio de hidrógeno verde sostenible, con el fin de conformar la propuesta de la creación de una hoja de ruta para aquellas entidades en fases más embrionarias o que buscan introducirse al mercado del hidrógeno verde. Así pues, los elementos esenciales que se extraen de análisis a través del *Business Model Canvas* son:

- Es necesaria la presencia de instituciones tanto públicas como privadas que obliguen de forma legal o incentiven a introducir las energías renovables en

los consumos energéticos. Y, en paralelo, que se aumenten a través de sanciones o impuestos el uso de combustibles fósiles para poder lograr la paridad en costes entre las energías fósiles y renovables.

- Es necesario agilizar la creación de proyectos de producción de hidrógeno con la incorporación de entidades dispuestas a consumir el combustible producido para aumentar la cadena de valor tanto a nivel de generación como de consumo. Para ello, el papel de las energéticas es esencial, protagonistas de actuales proyectos de generación de hidrógeno, lo que permite confirmar su compromiso acerca de la implementación de este tipo de tecnología. Es clave que sigan en esta línea de actuación para poder masificar el consumo del hidrógeno verde.
- Se han de continuar trabajando en actividades clave como son las inversiones en investigación y desarrollo, en la generación de infraestructuras que mejoren la accesibilidad a la molécula, en mejores y mayores incentivos fiscales para la incorporación de las energías renovables o en concienciar a los consumidores del potencial y las ventajas del hidrógeno renovable. Además, lograr mayores sinergias entre los productores y los mercados que tienen un mayor potencial de consumo y mejorar el acceso a la financiación para reducir los costes de las inversiones.
- Es clave contar con recursos eficientes y competitivos. Para ello, es necesario invertir en mejorar los procesos tecnológicos en términos de electrolizadores, sistemas de almacenamiento, tecnologías de conversión o el control para no sufrir incidentes. De igual manera, hay que desarrollar de forma paralela sistemas de generación de electricidad renovable que sean eficientes y aminoren el coste de este tipo de energía complementaria sostenible.
- Otro aspecto de vital importancia es identificar la propuesta de valor del hidrógeno resumida principalmente en aprovechar la oportunidad de negocio eludiendo de los impuestos fiscales en constante crecimiento por emitir gases. Utilizando el hidrógeno verde las empresas se eximen de ser penalizadas y adquieren una mejor imagen de marca. Concienciar de la propuesta de valor del hidrógeno a sus potenciales consumidores es esencial para que quieran sumarse a la transición energética.

- Es de gran relevancia identificar y aproximarse a los segmentos de clientes que a priori se posicionan como principales consumidores de este tipo de energía renovable siendo estos la industria química, siderúrgica y automovilística principalmente. Así, posicionar como clientes prioritarios a las entidades correspondientes a estos sectores.
- Las relaciones con los clientes son un aspecto vital para lograr el modelo de negocio sostenible en torno al hidrógeno verde, en especial porque su característica de tecnología incipiente supone un esfuerzo extra por parte de las entidades para favorecer su uso e implementación. Para ello, es necesario definir el público objetivo, definir cuáles son los argumentos de venta en torno al producto, conocer cuáles son los mejores medios para acceder a la potencial demanda y mantener una potenciación y planificación de las acciones comerciales para lograr adquirir una mayor demanda.
- Otras de las necesidades para lograr el modelo de negocio óptimo es mejorar e invertir en mejores y mayores canales para el final suministro de la molécula. Esto incluye desplegar mayores redes de hidrogeneras, mejorar los rendimientos energéticos en la introducción de hidrógeno en los actuales gasoductos o en la construcción de tuberías especializadas en el transporte de hidrógeno renovable.
- Para tanto la estructura de ingresos como de costes, es necesario poder abaratar el coste del hidrógeno verde con el fin de aumentar su demanda y así aprovecharse de las economías de escala. Solo así, se masificará su uso y se conseguirá una economía basada en hidrógeno verde, cumpliendo con los objetivos de descarbonización.

En general, se puede concluir con que hay presencia de grandes esfuerzos por parte de las empresas energéticas sobre todo en relación con la producción de este tipo de energía renovable por su participación en los numerosos proyectos desplegados por el territorio nacional. Y, no solo de las empresas de esta índole, pero también por parte de instituciones tanto públicas como privadas que luchan por una transición energética renovable rápida y eficiente. Aún así, todavía se necesita trabajar en diferentes variables para poder lograr un modelo de negocio del hidrógeno verde sostenible para que su uso se masifique y se consigan eludir las emisiones de la economía, y así, frenar el cambio climático y sus consecuencias.

5. TRABAJOS CITADOS

- A.Roca, J. (2023). Los ‘gasoductos’ de hidrógeno son ya una realidad en Europa. *El Periodico de la Energía*, 1.
- Acciona. (n.p). LA IMPORTANCIA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES. *Acciona*.
- Acogen. (2021). Entendimiento del Mercado del Hidrógeno y sus oportunidades para la Cogeneración. *Acogen*, 6.
- Alonso, M. A. (2022). Hidrógeno verde como combustible, claves para su contribución a una economía descarbonizada. *Oficina de Ciencia y Tecnología del Congreso de los Diputados* , 6-7.
- Antoranz, J. L. (2021). El hidrógeno verde en la Unión Europea: una vía necesaria para la transición energética*. *Revista Española de Desarrollo y Cooperación* no 48, 13-33.
- Apilados. (2017). Almacenamiento de hidrógeno comprimido: tipos de tanques. *apilados*, 2.
- AQUAEFundación. (24 de 11 de 2021). *AQUAEFundación*. Obtenido de <https://www.fundacionaquae.org/wiki/energia-solar-ventajas-desventajas/>
- Aragón, E. D. (2022). Ayudas públicas, garantías de origen o simplificación administrativa serán claves para el desarrollo del hidrógeno verde. *Hidrógeno Verde*, 2.
- Austria, F. M. (2023). *Climate Action, Environment, Energy, Mobility, Innovation and Technology*. Obtenido de <https://www.bmk.gv.at/en/topics/energy/eu-international.html>
- Barrero, A. (2022). El precio del gas aumentó un 361% antes de la guerra de Ucrania. *Energías Renovables*, 4-5.
- Bayona, E. (2022). Las energéticas disparan sus beneficios hasta los 11.000 millones mientras intensifican su oposición al nuevo impuesto. *Público*, 3-4.
- BBVA. (29 de noviembre de 2022). *BBVA*. Obtenido de BBVA: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-supone-el-pacto-verde-europeo-claves-para-ayudar-al-planeta/>
- BH2C. (2023). *BH2C*. Obtenido de <https://www.bh2c.org/es/quienes-somos>
- Biocarburantes. (02 de 12 de 2022). *H2 Business News*. Obtenido de <https://h2businessnews.com/los-mayores-proyectos-de-amoniaco-verde-podrian-eliminar-la-mitad-de-las-emisiones-globales-del-sector/>
- Birol, F. (2021). *ENEL*. Obtenido de ENEL: <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/autores/papel-hidrogeno-verde-cero-emisiones>
- Blas, R. C. (2022). Coches de hidrógeno: cómo funcionan, precios, autonomía, repostaje, debilidades y riesgos. *The Conversation*, 3-4.
- BOE. (29 de Diciembre de 2022). *Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado*. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2022-81968>
- Bp. (2023). *Bp*. Obtenido de https://www.bp.com/es_es/spain/home/quienes-somos/bp-espana/hyval.html
- Cajún, C. L. (1995). El hidrógeno como combustible para el transporte. *Instituto Mexicano del Transporte*, 2.
- Cardona, L. (2018). Plan de marketing de producto: los 5 pasos. *CyberClick* , 2.

- Carrasco, E. R. (2022). Electrolizadores: Análisis, Perspectivas de Mercado y Comparación. *Dpto. Ingeniería Energética Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla*, 2-3.
- Carrasco, E. R. (2022). Electrolizadores: Análisis, Perspectivas de Mercado y Comparación. *Dpto. de Ingeniería Energética Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla*, 24-25.
- Castillo, T. F. (2018). EL ACUERDO DE PARÍS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO: SUS APORTACIONES AL DESARROLLO PROGRESIVO DEL DERECHO INTERNACIONAL Y LAS CONSECUENCIAS DE LA RETIRADA DE LOS ESTADOS UNIDOS. *Revista Española de Derecho Internacional*, 23.
- Celada-Casero. (2022). El hidrógeno como vector energético en la industria siderúrgica para abordar el reto global de descarbonización. *Ambiente y Medio*, 2-3.
- Cepsa. (1 de diciembre de 2022). *Cepsa*. Obtenido de Cepsa: <https://www.cepsa.com/es/prensa/cepsa-invertira-3000-millones-de-euros-en-hidrogeno-verde>
- Cepsa. (1 de Diciembre de 2022). *Cepsa*. Obtenido de <https://www.cepsa.com/es/prensa/cepsa-invertira-3000-millones-de-euros-en-hidrogeno-verde>
- Cepsa. (15 de Marzo de 2023). *Cepsa*. Obtenido de <https://www.cepsa.com/es/prensa/cepsa-se-adhiere-al-cluster-andaluz-del-hidrogeno>
- CNH2. (2023). *CNH2*. Obtenido de <https://www.cnh2.es/sobre-cnh2/>
- CNH2. (2023). *CNH2*. Obtenido de <https://www.cnh2.es/cnh2/h2ports/>
- Cobeña, E. A. (2020). Emisiones de gases de efecto invernadero en el sistema agroalimentario y huella de carbono de la alimentación en España. *Real Academia de Ingeniería*.
- Criado, C. S. (2014). Pilas de combustible como almacenes de energía. *Movilidad Eléctrica*, 2.
- Crowcon. (14 de Marzo de 2022). *Crowcon*. Obtenido de <https://www.crowcon.com/es/tag/alkaline-electrolyser/>
- David. (4 de Mayo de 2023). *Es hidrógeno*. Obtenido de [Es hidrógeno: https://eshidrogeno.com/autobus-hidrogeno-madrid/](https://eshidrogeno.com/autobus-hidrogeno-madrid/)
- Demográfico, M. p. (2012). Asignación gratuita de derechos de emisión para las instalaciones fijas. *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*.
- Demográfico, M. p. (31 de 03 de 2023). *Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia*. Obtenido de https://www.miteco.gob.es/es/prensa/230331_ndpelmitecoresuelvelaconcesionde200millonespara37proyectosdehidrogenorenovable_tcm30-561031.pdf
- Días, C. (08 de Diciembre de 2020). *Cinco Días*. Obtenido de El País: https://cincodias.elpais.com/cincodias/2020/12/08/companias/1607431298_531353.html
- Díaz, B. (2021). Iberdrola planea la creación de corredores de hidrógeno verde para el transporte pesado. *Cinco Días*, 2.
- DISA. (27 de abril de 2021). *DISA*. Obtenido de <https://www.disagrupo.es/conoce/noticias/2021/04/27/impulsamos-creacion-hub-hidrogeno-renovable-canarias>
- Dufour, J. (23 de mayo de 2013). *Energía y Sostenibilidad*. Obtenido de Madrid Blogs: <https://www.madrimasd.org/blogs/energiasalternativas/2013/05/23/132064#:~:te>

- xt=Pero%20hay%20dos%20obst%C3%A1culos%20fundamentales,de%20producci%C3%B3n%20transporte%20y%20almacenamiento.
- Ecológica, M. p. (2020). Una Apuesta por el Hidrógeno Renovable. *Marco Estratégico de Energía y Clima*, 13-14.
- Efe. (31 de Julio de 2022). *El Periódico de España*. Obtenido de Activos: <https://www.epe.es/es/activos/20220731/derechos-emision-co2-precio-luz-14198702>
- EMTMadrid. (07 de 09 de 2022). *EMT Madrid*. Obtenido de <https://www.emtmadrid.es/Noticias/Madrid-utilizara-el-biometano-de-Valdemingomez-par.aspx>
- Enagás. (14 de Febrero de 2023). *Enagás*. Obtenido de <https://www.enagas.es/es/sala-comunicacion/actualidad/notas-prensa/2023-02-14-np-naturgy-enagas-renovable-la-robla-planta-hidrogeno-renovable/>
- Endesa. (2019). ¿Cómo se produce la energía solar? *Endesa*, 2.
- Energía, E. P. (21 de 12 de 2021). *El Periódico de la Energía*. Obtenido de <https://elperiodicodelaenergia.com/hive-energy-quiere-construir-una-planta-de-hidrogeno-verde-en-puerto-real-cadiz/>
- Energy, D. N. (30 de Noviembre de 2022). *DS New Energy*. Obtenido de <https://www.dsisolar.com/news/woodside-joins-southern-green-hydrogen-project-63218793.html>
- Enerinvest. (2018). GUÍA PARA LA FINANCIACIÓN DE PROYECTOS DE ENERGÍA SOSTENIBLE. *Enerinvest*, 6-7. Obtenido de <https://www.ecoserveis.net/wp-content/uploads/2019/04/guia-para-la-financiacion-de-proyectos-de-energia-sostenible-2a-edicion.pdf>
- Enertic. (2022). HyDeal España: el hub de hidrógeno renovable y competitivo integrado más grande del mundo. *Enertic*, 1.
- España, G. d. (26 de 10 de 2022). *Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia*. Obtenido de <https://planderecuperacion.gob.es/preguntas/que-es-la-adenda-al-plan-de-recuperacion>
- España, G. d. (2022). Seguridad para Tu Energía. *Seguridad Energética* , 21-22.
- Etecé, E. (16 de mayo de 2023). *Concepto* . Obtenido de Concepto : <https://concepto.de/recursos-tecnologicos/#:~:text=Los%20recursos%20tecnol%C3%B3gicos%20son%20aqueillos,facilitan%20alguna%20labor%2C%20especialmente%20productiva.>
- Europea, C. (2019). Pacto Verde Europeo. *Comisión Europea*, 4.
- Europea, C. (2022). Pacto Verde Europeo. *Comisión Europea*, 3.
- Europea, U. (30 de Noviembre de 2021). *Unión Europea*. Obtenido de https://www.clean-hydrogen.europa.eu/index_en
- Europeo, C. (2023). *Consejo Europeo*. Obtenido de <https://www.consilium.europa.eu/es/policias/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>
- Europeo, P. (2001). DIRECTIVA 2001/77/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 27 de septiembre de 2001. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 3-4.
- Evvnt. (2013). THE GUIDE TO EVENTSEYE EVENTS LISTING SITE. *Evvnt*, 1.
- FactorEnergía. (2018). Energía eólica. Qué es, cómo funciona, ventajas y desventajas. *Eficiencia Energética* , 3.
- Fariza, I. (01 de marzo de 2023). Cepsa vende la mitad de su negocio de exploración y producción a TotalEnergies para acelerar en renovables. *El País*, pág. 2.

- Flanagan, M., Kammer, A., Pescatori, A., & Stuermer, M. (2022). Cómo puede afectar el corte de gas natural ruso a las economías europeas. *IMF Blog*, 2-3.
- Fundeen. (2023). *Fundeen*. Obtenido de <https://www.fundeen.com/>
- Galeano, V. C. (1 de octubre de 2020). *INER Comunicación* . Obtenido de INERCO: <https://inercomunicacion.com/la-seguridad-en-la-industria-del-hidrogeno-verde/>
- García, J. F. (2014). “¿HACIA UN MARCO JURÍDICO COMÚN DE ENERGÍAS RENOVABLES Y CAMBIO CLIMÁTICO?”. *Universidad Pública de Navarra*, 137 .
- García-Conde, A. G. (2010). Producción, almacenamiento y distribución de hidrógeno. *España*, 13.
- Giménez, J. C. (2019). La Hora del Hidrógeno Verde. *Especial Hidrógeno* , 24-30.
- GobiernodeAragón. (24 de 02 de 2023). *Gobierno de Aragón* . Obtenido de <https://www.aragon.es/-/el-cambio-climatico#:~:text=Las%20temperaturas%20de%20la%20superficie,sido%20de%201%2C5%20%2C2%20BAC.>
- GobiernodeEspaña. (26 de 10 de 2022). *Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia*. Obtenido de <https://planderecuperacion.gob.es/preguntas/que-es-la-adenda-al-plan-de-recuperacion>
- González, E. M. (2013). Definición de criterios de diseño de instalaciones de almacenamiento de hidrógeno producido con energías renovables. *INTA*, 37-38.
- Hidrogenoaragón. (2023). *Fundación para el desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón*. Obtenido de <https://hidrogenoaragon.org/es/la-fundacion/>
- HidrogenoVerde. (s.f.). *Hidrógeno Verde*. Obtenido de <https://hidrogeno-verde.es/precio-del-hidrogeno/>
- HidrógenoVerde. (2020). *Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y de las Pilas de Combustible*. Obtenido de PTE HCP: http://www.ptehpc.org/index.php?option=com_content&view=article&id=168&Itemid=57
- Hiperbaric. (s.f.). Aplicaciones de la compresión de hidrógeno. *Hiperbaric*.
- Hysland, G. (2023). *Green Hysland*. Obtenido de <https://greenhysland.eu/acerca-de-green-hysland/>
- Hyundai. (06 de 10 de 2021). *Hyundai*. Obtenido de Hyundai: <https://www.hyundai.news/es/articulos/press-releases/las-ventas-del-hyundai-nexo-superan-las-1000-unidades-en-europa.html>
- Iberdrola. (10 de 12 de 2020). *Iberdrola*. Obtenido de <https://www.iberdrola.com/sala-comunicacion/noticias/detalle/iberdrola-suministrara-hidrogeno-verde-autobuses-barcelona-2021>
- Iberdrola. (24 de 06 de 2022). *Iberdrola*. Obtenido de <https://www.iberdrola.es/blog/sostenibilidad/asi-es-planta-hidrogeno-verde-puertollano-iberdrola>
- Iberdrola. (2022). *Iberdrola*. Obtenido de Iberdrola: <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/hidrogeno-verde>
- Iberdrola. (2023). Obtenido de <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/hidrogeno-verde>
- IEA. (2023). *International Energy Agency* . Obtenido de <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/hydrogen>
- LaInformación. (2023). El Gobierno aprueba 450 millones para el proyecto de hidrógeno circular en Arcelor. *La información*, 1.
- LaVozdePuertollano. (30 de Mayo de 2023). *LaVozdePuertollano* . Obtenido de <https://www.lavozdepuertollano.es/web/contenido/comarca/el-proyecto-de>

- produccion-de-hidrogeno-renovable-de-repsol-y-enagas-recibe-el-apoyo-de-la-comision-europea28223.html
- López, J. (9 de Enero de 2023). *Hidrógeno Verde*. Obtenido de <https://hidrogeno-verde.es/las-ventajas-de-los-electrolizadores-de-oxido-solido/>
- Martín, R. (13 de junio de 2022). *El Canal*. Obtenido de Diario El Canal : <https://www.diarioelcanal.com/invertir-en-hidrogeno/>
- Mato, P. P. (2021). Descarbonización del sector del transporte en España con Hidrógeno Verde. *Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales*, 49-50.
- Medinilla, M. (30 de Mayo de 2023). *Energía Estratégica*. Obtenido de <https://www.energiaestrategica.com/unigel-busca-financiamiento-para-expandir-la-primer-planta-hidrogeno-verde-a-gran-escala-de-brasil/>
- Melnichuk, M. (2010). Estudio numérico y experimental de almacenadores de hidrógeno basados en hidruros metálicos. *Instituto Balserio*, 9-10.
- MITECO. (2020). Hoja de Ruta del Hidrógeno Verde: Una Apuesta por el Hidrógeno Renovable. *MITECO*, 7-8. Obtenido de https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/hidrogeno/hojarutahidrogenorenovable_tcm30-525000.PDF
- MITECO. (2023). *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*. Obtenido de Gobierno de España: <https://energia.gob.es/REI/relaciones-energeticas-internacionales/organismos-internacionales/Paginas/agencia-internacional-energias-renovables.aspx>
- MJV. (2022). Estrategia de Posicionamiento: Orientar las Propuestas de Valor Perfectas. *MJV Innovation*, 2.
- Moncloa, L. (22 de 1 de 2023). *España celebra la incorporación de Alemania al proyecto H2Med*. Obtenido de La Moncloa: <https://www.lamoncloa.gob.es/serviciosdeprensa/notasprensa/transicion-ecologica/Paginas/2023/220123-incorporacion-alemania-proyecto-h2med.aspx>
- Monk, A. (2022). Amoníaco verde, energía renovable menos conocida con potencial. *Valencia Plaza*, 1-2.
- Motorpasión. (2023). Hidrogeneras: ¿en cuántas podemos repostar hoy en España y cuántas nos deparará el futuro? *Motorpasión*, 2.
- Murillo, S. P. (2020). Desarrollo sostenible y oportunidad de aprendizaje de las biorrefinerías: Una alternativa de la biomasa. *Revista de Ciencias Sociales*, 406-407.
- Naturgy. (14 de Enero de 2021). *Naturgy*. Obtenido de https://www.naturgy.es/blog/negocios_y_autonomos/hidrogeno_verde_clave_para_la_neutralidad_climatica
- Navarra. (17 de Septiembre de 2021). *Gobierno de Navarra*. Obtenido de <https://www.navarra.es/es/noticias/2021/09/17/la-agenda-navarra-del-hidrogeno-verde-preve-la-instalacion-de-150mw-de-esta-energia-en-navarra-para-2030>
- Pérez, A. E. (2015). LA LIMITACIÓN DE LAS AYUDAS DE ESTADO A LAS ENERGÍAS RENOVABLES: LAS NUEVAS DIRECTRICES DE LA COMISIÓN EUROPEA Y EL CASO ESPAÑOL. *Revista Española de Derecho Europeo*, 87-112.
- Petronor. (24 de Septiembre de 2020). *Petronor*. Obtenido de <https://petronor.eus/es/2020/09/el-puerto-de-bilbao-adjudica-a-petronor-una-parcela-para-una-planta-de-combustibles-sinteticos-y-otra-de-generacion-de-gas-a-partir-de-residuos-urbanos/>
- Pinar, C. (2023). España aumentó un 54% sus importaciones de gas ruso durante el primer año de la guerra y duplicó las compras a EEUU. *20 Minutos*, 2.

- Quatrin, F. (12 de Septiembre de 2022). *Portal de Movilidad*. Obtenido de Portal de Movilidad: <https://portalmovilidad.com/una-estacion-de-repostaje-de-hidrogeno-sera-mas-barata-que-una-equivalente-de-coches-electricos/#:~:text=Es%20a%C3%BA%20mayor%20el%20coste,recarga%20est%C3%A1%20en%20150%20mil>.
- Ramírez, A. R. (2021). ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO-NORMATIVO ACERCA DE LA PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO A PARTIR DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICO Y SU INYECCIÓN EN GASODUCTO DE GAS NATURAL. *Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla*, 66-67.
- Redexis. (2023). *Redexis*. Obtenido de <https://www.redexis.es/sobre-redexis/con-la-innovacion/proyecto-misiones-zeppelin>
- Redondo, N. L. (2021). Win4H2, el proyecto de Naturgy para crear un corredor de 50 hidrogeneras en España . *Movilidad Eléctrica*, 2.
- Renovables, E. (01 de diciembre de 2022). *Energías Renovables*. Obtenido de El periodismo de las Energías Limpias: <https://www.energias-renovables.com/hidrogeno/luz-verde-a-250-millones-para-impulsar-20221201>
- Renovables, E. (22 de Mayo de 2023). *Energías Renovables*. Obtenido de <https://www.energias-renovables.com/panorama/m-xicopredicciones-quedan-42-anos-de-petroleo>
- Renovables, E. (22 de Mayo de 2023). *Energías Renovables*. Obtenido de <https://www.energias-renovables.com/hidrogeno/el-proyecto-catalina-producira-hidrogeno-y-amoniaco-20220202>
- Repsol. (04 de octubre de 2021). *Repsol* . Obtenido de <https://www.repsol.com/es/sala-prensa/notas-prensa/2021/repsol-produce-por--primera-vez-hidrogeno-renovable-a-partir-de/index.cshtml>
- Repsol. (2022). *Repsol*. Obtenido de <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/transicion-energetica/hidrogena/index.cshtml#:~:text=%C2%BFC%C3%B3mo%20funciona%20una%20hidrogena%3F,el%20hidr%C3%B3geno%20a%20los%20veh%C3%ADculos>.
- Repsol. (2023). *Repsol*. Obtenido de <https://www.repsol.com/es/tecnologia-digitalizacion/technology-lab/reduccion-emisiones/hidrogeno-renovable/shyne/index.cshtml>
- Repsol. (2023). *Repsol* . Obtenido de https://www.repsol.com/es/energia-futuro/transicion-energetica/cogeneracion/index.cshtml?gclid=CjwKCAjw9pGjBhB-EiwAa5jl3C5FI2dXCGP7DZImScP5uZrGxiPcqSiSYCyUizxVMKxGr1_LB4YrPBoC9p8QAvD_BwE
- Reyes, G., Santos, J., & Navarro, P. (s.f). La Seguridad en la Industria del Hidrógeno Verde. *INERCO*, 7-10.
- Reyes-Bozo, D. C. (2019). El hidrógeno como vector energético. *Universidad Autónoma de Chile*, 12.
- Roca, J. A. (16 de Abril de 2019). Las 10 marcas más valiosas del sector energético español: Repsol, Iberdrola y Endesa, las tres mejor valoradas. *El Periódico de la Energía*, págs. 2-3.
- Rodriguez, R., Da Silva, G., & Urbina, L. (2022). Estudio del Proceso de Electrólisis para la Producción de Hidrógeno Verde, a Partir del Agua de Mar . *Universidad Metropolitana*, 8-9.
- Romero, P. G. (2002). Pilas de Combustible. Energía sin humos. *Mundo Científico* , 66.

- Rosario, M., Carbonell, M., Martínez, E., & Flores, M. (2005). Fuentes de emisión de gases de efecto invernadero en la agricultura. *Eidenar*, 14.18.
- Ruíz, M. d. (2012). SOSTENIBILIDAD Y TURISMO: DE LA DOCUMENTACIÓN INTERNACIONAL A LA PLANIFICACIÓN EN ESPAÑA «HORIZONTE 2020». *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 61-63.
- Saura, B. S. (2022). Análisis comparativo de los vehículos de hidrógeno y los vehículos eléctricos. *Universidad de Sevilla*, 35-36.
- Solartys. (2023). PNIEC Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030. *Solartys*, 1.
- Soler, A. M. (2022). El hidrógeno como futuro de los combustibles en automoción. *Cedex*, 5.
- Sostenible, R. (2023). Reutilización de gasoductos de gas natural para hidrógeno: una posibilidad real y más económica. *Reporte Sostenible*, 2.
- SPRI, G. (8 de Septiembre de 2022). *El blog de la Empresa Vasca*. Obtenido de El blog de la Empresa Vasca: <https://www.spri.eus/es/tecnologia-comunicacion/h-acero-un-proyecto-para-descarbonizar-el-sector-siderurgico-utilizando-hidrogeno/>
- Tara Hosseini, N. H. (2022). Informe de escaneo tecnológico para la lista de bienes y servicios asociados a las mejores tecnologías de distribución y uso final de hidrógeno verde y azul . *Australia's National Science Agency*, 23-24.
- TrescaIngeniería. (23 de Febrero de 2022). *TrescaIngeniería*. Obtenido de <https://tresca.es/hidrogeno-verde/amoniaco-como-carrier-energetico-para-la-descarbonizacion-de-la-industria/>
- Tuñón, D. F. (2022). El hidrógeno como combustible del futuro. *Facultad de Ciencias Humanas y Sociales*, 7.
- URVACTIVO. (30 de Mayo de 2023). *Diario Digital de la Universitat Rovira I Virgili* . Obtenido de <https://diaridigital.urv.cat/es/enagas-y-la-urv-firman-un-acuerdo-estrategico-para-impulsar-el-valle-del-hidrogeno-de-cataluna/>
- Valdés, X. (23 de 01 de 2023). *Cadena Ser*. Obtenido de Cadena Ser: <https://cadenaser.com/nacional/2023/01/23/corredor-h2med-que-es-cuando-estara-en-funcionamiento-y-por-que-sera-tan-importante-para-europa-cadena-ser/>
- Vega, P. J. (2020). DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES INTERFACIALES DE PROMOTORES DE HIDRATOS DE HIDRÓGENO . *Universidad Internacional de Andalucía* , 17 .
- Vilela, A. (2022). Los mayores proyectos de amoníaco verde podrían eliminar la mitad de las emisiones globales del sector. *H2 Business News*, 1-2.
- Volvo. (2023). *Volvo Trucks* . Obtenido de Volvo Trucks .
- Walker, T. (2023). Por qué el futuro del transporte pesado de larga distancia probablemente incluya mucho hidrógeno. *Clean Air Task Force*, 4.
- WorldSteel. (2021). *WorldSteel Association*. Obtenido de WorldSteel Association: <https://worldsteel.org/wp-content/uploads/Climate-policy-paper-2021.pdf>
- Zuriaga, I. G. (2021). Retos del hidrógeno verde. *Economía Aragonesa*, 3.