



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

# **ANÁLISIS DEL HIDRÓGENO VERDE COMO ACTIVO FINANCIERO Y PERSPECTIVAS DE UN MERCADO FÍSICO**

Autor: Jaime Molina Saúco

Tutor: Isabel Catalina Figuerola Ferretti

MADRID | Mayo, 2023.

## **RESUMEN**

La situación actual que afronta la sociedad ante el cambio climático requiere transformaciones en distintas industrias y sectores, basados principalmente en la transición energética. El hidrógeno se posiciona como una potencial alternativa al uso de combustibles fósiles tradicionales, y en especial, el hidrógeno verde por sus principales características como las emisiones nulas de gases invernadero.

Este vector energético puede suponer una alternativa real y por ello, una buena inversión a largo plazo, desde un punto de vista financiero y de inversión.

Para consolidarse en las distintas industrias y sectores, la creación de un mercado físico donde se negocie el precio del hidrógeno es fundamental.

A través de este análisis del contexto y potencial del hidrógeno, así como las perspectivas de un mercado físico, se observará la oportunidad de inversión financiera.

## **PALABRAS CLAVE**

Hidrógeno, hidrógeno verde, cambio climático, inversión financiera, mercado físico.

## **ABSTRACT**

The current situation faced by society in the face of climate change requires transformations in different industries and sectors, mainly based on energy transition. Hydrogen is positioned as a potential alternative to the use of traditional fossil fuels, especially green hydrogen due to its main characteristics such as zero greenhouse gas emissions. This energy vector can be a real alternative and therefore a good long-term investment point of view. In order to consolidate itself in the different industries and sectors, the creation of a physical market where the price of hydrogen is negotiated is fundamental.

Through this analysis of the context and potential of hydrogen, as well as the prospects for a physical market, the financial investment opportunity will be observed.

## **KEY WORDS**

Hydrogen, green hydrogen, climate change, financial investment, physical market.

## ÍNDICE

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y DIAGRAMAS .....	1
GLOSARIO DE ABREVIATURAS .....	2
1. CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....	3
1.1. Justificación del tema .....	3
1.2. Objetivos .....	4
1.3. Metodología .....	5
2. CAPÍTULO 2: MARCO CONCEPTUAL .....	7
2.1. Conceptos relacionados con el H <sub>2</sub> .....	7
2.1.1. Hidrógeno .....	7
2.1.2. Tipos de hidrógeno .....	8
2.2. Conceptos relacionados con el análisis .....	9
2.2.1. Energías renovables .....	9
2.2.2. Commodities o materias primas .....	10
2.2.3. Mercado físico de commodities .....	11
2.2.4. Inversión directa v. inversión indirecta .....	11
2.2.5. Fondos de inversión .....	12
2.2.6. Bonos verdes .....	13
2.2.7. Rentabilidad .....	13
2.2.8. ESG .....	14
3. CAPÍTULO 3: ESTUDIO Y ANÁLISIS .....	15
3.1. Hidrógeno verde como activo financiero .....	15
3.1.1. Cadena de valor .....	15
3.1.1.1. Producción .....	17
3.1.1.2. Transporte y almacenamiento .....	18
3.1.1.3. Aplicación y potencial uso .....	19
3.1.2. Regulación sobre cambio climático e hidrógeno .....	22
3.1.2.1. Europa .....	23
3.1.2.2. EE. UU. ....	25
3.1.3. Inversión y rentabilidad en hidrógeno verde .....	28
3.1.3.1. Fondos de inversión .....	29
3.1.3.2. Acciones de compañías .....	30
3.1.3.3. Bonos verdes .....	32
3.1.4. Futuro del hidrógeno .....	33

3.1.4.1. Retos .....	34
3.1.4.2. Riesgos .....	35
3.2. Mercado físico del hidrógeno .....	36
3.2.1. Contexto .....	36
3.2.2. Potencial de un mercado físico .....	37
4. CAPÍTULO 4: CONCLUSIÓN .....	39
5. CAPÍTULO 5: BIBLIOGRAFÍA .....	41

## ÍNDICE DE GRÁFICOS Y DIAGRAMAS

- Figura 1: Cuadro de la cadena de valor del hidrógeno .....14
- Figura 2: Gráfico comparativo sobre tres fondos de inversión relacionados .....27
- Figura 3: Cuadro comparativo de compañías cotizadas .....29
- Figura 4: Retornos ajustados a la duración de bonos tradicionales y bonos verdes ....31

## **GLOSARIO DE ABREVIATURAS**

- IEA: International Energy Agency
- H<sub>2</sub>: Hidrógeno
- GEI: Gases de Efecto Invernadero
- CCUS: Carbon Capture, Utilization and Storage
- OTC: Over The Counter
- GW: Gigavatios
- MWh: Megavatios Hora
- ESG: Environmental, Social & Governance (Ambientales, sociales y de gobernanza)

# 1. CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

## 1.1. Justificación del tema

*“El cambio climático no respeta fronteras; no respeta quién eres: rico y pobre, pequeño y grande. Por lo tanto, esto es lo que llamamos 'desafíos globales', que requieren solidaridad global.”* Ban Ki Moon. Exsecretario General de la Organización de las Naciones Unidas.

La lucha contra el cambio climático se ha convertido en uno de los mayores desafíos de nuestro tiempo (ONU, 2021). Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), causantes del calentamiento global, han alcanzado niveles récord, lo que ha llevado a un aumento de la temperatura global y a una serie de impactos negativos en el medio ambiente y en la vida humana (IEA, 2021), como pueden ser los incendios forestales, la sequía y falta de lluvia, condiciones climáticas extremas, enfermedades relacionadas con la contaminación... (Christina Nunez, 2019). Es por ello por lo que, la transición energética mundial hacia una sociedad neutral en carbono requiere una profunda transformación del modelo de generación, producción y consumo energético.

En la actualidad la mayor parte de la demanda mundial de energía se satisface mediante combustibles fósiles, en torno al 70% de la demanda global<sup>1</sup>, estos tienen impactos nocivos en la atmósfera. La combustión de estos combustibles fósiles es la principal causa de la emisión de gases de efecto invernadero, lo que contribuye a los efectos del aumento de los GEI, como enfermedades respiratorias, alteraciones de la cadena de suministro de bienes y alimentos, y aumento de los fenómenos climáticos extremos. (Iberdrola, 2023).

En este contexto, la sociedad llevo tiempo exigiendo medidas para poder cambiar el rumbo sobre el consumo de energías no renovables, múltiples gobiernos intentar establecer estrategias económicas y políticas para respaldan la neutralidad en carbono en el medio plazo, mediante una transición hacia las energías limpias (IRENA, 2018Según un estudio, se estima que aproximadamente el 60% de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) durante la última etapa de la transición energética podría

---

<sup>1</sup> Fuente:  
<https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Oil%20and%20Gas/Our%20Insights/Global%20Energy%20Perspective%202022/Global-Energy-Perspective-2022-Executive-Summary.pdf>



provenir de fuentes de energía renovable, la implementación de tecnologías de hidrógeno verde y la electrificación impulsada por el desarrollo de energía verde (Camps et al., 2021). En este contexto, podemos observar como las distintas fuentes de energías limpias o renovables (incluyendo la nuclear), se están posicionando como un actor fundamental para ser la alternativa de los combustibles fósiles y las fuentes de energía tradicionales, con el objetivo de hacer efectiva la transición energética mundial.

Dentro de todas las energías renovables que se están explotando hoy en día (que se desarrollarán más adelante en este análisis), el hidrógeno es la energía en la que se va a centrar el análisis de este trabajo, en especial el hidrógeno verde.

El hidrógeno verde es una alternativa interesante como combustible limpio y sostenible. A diferencia del hidrógeno producido a partir de combustibles fósiles, el hidrógeno verde se produce a partir de la electrólisis del agua utilizando energías renovables (Iberdrola, 2023), como la solar o la eólica, lo que lo convierte en una fuente de energía limpia y renovable. Al tener la capacidad de actuar como vector energético, tiene la capacidad de almacenar y transportar energía, lo que le posibilita como alternativa energética para aquellos lugares que no pudieran producir este tipo de energía.

Ante este contexto, es interesante realizar un análisis acerca del potencial del hidrógeno verde en nuestra sociedad, y analizar si como activo financiero y de inversión puede tener sentido a largo plazo, para ello es fundamental analizar si la creación de un mercado físico es necesario para la correcta implantación del hidrógeno de manera sustentable para el largo plazo.

## **1.2. Objetivos**

El hidrógeno verde ha surgido como un tema de gran interés en el mundo financiero y de la energía. Por esta razón, el objetivo de su análisis como activo financiero es comprender las oportunidades y desafíos que presenta su desarrollo y comercialización en los mercados financieros. El hidrógeno verde ha sido considerado como una de las alternativas más prometedoras para la transición (IRENA, 2022) hacia un sistema energético sostenible y descarbonizado, lo que ha generado expectativas de una demanda creciente en los próximos años. Por lo tanto, el análisis de su papel como activo financiero puede proporcionar información valiosa para los inversores y participantes del mercado que buscan aprovechar esta tendencia.

En cuanto a las perspectivas de un mercado físico de esta energía, el objetivo del análisis es evaluar las condiciones necesarias para su desarrollo y las posibilidades de su integración en los mercados energéticos actuales. A medida que el hidrógeno verde se acerca a la competitividad con los combustibles fósiles, se espera que se abran oportunidades para su producción y comercialización a gran escala (Alcalde<sup>2</sup>, 2023). Además, la creación de un mercado físico podría facilitar el comercio de hidrógeno verde entre los países productores y consumidores, y reducir los costes asociados con su producción, transporte y almacenamiento.

En resumen, el análisis del hidrógeno verde como activo financiero y las perspectivas de un mercado físico son esenciales para comprender su papel en la transición energética hacia una economía sostenible. Estos análisis pueden proporcionar información valiosa para los inversores y participantes del mercado en la toma de decisiones relacionadas con la inversión y la gestión de riesgos. Además, pueden contribuir a la creación de un marco regulatorio y de mercado que fomente el desarrollo del hidrógeno verde como una alternativa sostenible y competitiva a los combustibles fósiles.

### **1.3. Metodología**

Para llevar a cabo este análisis del hidrógeno verde, se seguirá una metodología y línea argumentativa que permita comprender su posición en el contexto energético mundial y su potencial como una alternativa sostenible y rentable a los combustibles fósiles.

En primer lugar, se analizará la energía del hidrógeno y sus variantes, prestando especial atención al hidrógeno verde, que se obtiene a través de la electrólisis del agua alimentada con energía renovable. Se examinarán los desafíos y oportunidades asociados con su producción, almacenamiento y distribución, así como su papel en la descarbonización del sector energético. Se hará uso de fuentes de referencia científicas y económicas para respaldar y fundamentar el análisis.

Posteriormente, se estudiará el contexto energético mundial y se identificarán las industrias donde el uso del hidrógeno verde como sustituto de otras energías no limpias puede tener más sentido y potencial. Además, se investigará la cadena de valor del

---

<sup>2</sup> Sergi Alcalde es periodista especializado en ciencia, sociedad y medio ambiente y escribe en “*National Geographic*”.

hidrógeno verde y se examinarán los retos y perspectivas asociados con su desarrollo y comercialización en el mercado energético.

Una vez comprendida la posición del hidrógeno verde en el contexto energético, se analizará su papel como activo financiero. Para ello, se revisarán las rentabilidades pasadas de inversiones relacionadas con el hidrógeno verde, se identificarán los riesgos y oportunidades asociados con su inversión y se evaluarán las perspectivas a largo plazo de su inclusión en carteras de inversión.

Finalmente, se discutirá la perspectiva de un mercado físico del hidrógeno verde, con el objetivo de evaluar la posibilidad de ofrecer precios más razonables a largo plazo para los clientes y consumidores finales. Se identificarán los desafíos y oportunidades asociados con la creación de un mercado físico, así como los posibles beneficios para los inversores y participantes del mercado. Para ello, se hará uso de estudios y análisis de expertos en el tema.

En conclusión, la metodología propuesta para el análisis del hidrógeno verde como activo financiero y las perspectivas de un mercado físico busca proporcionar una comprensión integral de esta fuente de energía renovable, su papel en la transición energética hacia una economía más sostenible y su potencial como inversión rentable y sostenible.

## 2. CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Conceptos relacionados con el H<sub>2</sub>

#### 2.1.1. Hidrógeno

El hidrógeno (H<sub>2</sub>) es el elemento de la tabla periódica más ligero y el elemento más abundante en el universo (National Geographic, 2022). El hidrógeno no se puede considerar como un recurso energético directo porque no se encuentra en la naturaleza en su forma pura, sino que debe ser producido a partir de diferentes fuentes de energía primarias, como combustibles fósiles, energía nuclear o renovable (Linares y Moratilla, 2007). El hidrógeno se considera un vector energético, lo que significa que puede transportar y almacenar energía para su uso posterior. Para aprovechar los beneficios de la economía del hidrógeno, es importante comprender cómo se puede producir hidrógeno y cómo se puede implantar. Hay varios métodos para producir hidrógeno, como la termólisis, la electrólisis y la fotólisis, y se pueden utilizar diferentes fuentes de energía para cada uno de ellos, como la energía nuclear, los combustibles fósiles y las energías renovables (International Energy Agency, 2019).

Debido a que el hidrógeno no se encuentra de forma aislada en la naturaleza, es necesario obtenerlo a través de diferentes métodos. Este proceso es una dificultad para su uso masivo en el futuro en las distintas industrias y sector, por lo que es una de las áreas donde se están invirtiendo más recursos (Linares y Moratilla, 2007). El método utilizado para obtener hidrógeno puede anular muchas de sus ventajas en el uso posterior, y puede suponer un aumento en el coste final de la energía, siendo este uno de los mayor inconvenientes (National Geographic, 2022). Una vez producido, su manipulación se vuelve difícil debido a sus propiedades físicas y químicas.

Para considerar el hidrógeno como un sustitutivo a otros recursos energéticos de forma razonable atendiendo a sus debilidades (en cuanto a costes, sobre todo) es necesario destacar las principales propiedades de este vector energético para observar su potencial:

- Eficiencia energética: el hidrógeno se considera más eficiente que otras energías como los combustibles fósiles. El H<sub>2</sub> cuenta con una densidad energética por unidad de masa mucho más alta que la que cuentan los combustibles fósiles como el gas o el petróleo (US Department of Energy, 2022). Y a pesar de que ahora los precios sean más caros que los combustibles fósiles, según la IEA si en la

- producción del hidrógeno se usan fuentes de energía renovable, podría ser no solo más eficiente sino también más económico (International Energy Agency, 2022).
- Fuente inagotable de energía: como se ha comentado anteriormente el hidrógeno es el elemento más abundante del universo, aunque no se encuentra de manera individual, sino se encuentra junto a otras sustancias u elementos. El ejemplo más claro es que está en el agua (H<sub>2</sub>O), también se puede encontrar en el amoníaco (NH<sub>3</sub>), en el metano (CH<sub>4</sub>) o en los hidrocarburos.<sup>3</sup>
  - Capacidad de ser almacenado y transportado de manera segura: se ha mencionado anteriormente que el H<sub>2</sub> es un vector energético y como tal tiene la capacidad de ser almacenado y transportado hasta su uso final y de manera segura, lo que le ofrece un gran abanico de oportunidades de cara al consumidor final (puede ser de diversas industrias y sectores)
  - Posibilidad de reducir los gases de efecto invernadero: aunque el punto 2.1.2. *Tipos de Hidrógeno* se explicarán brevemente los tipos de hidrógeno más importantes según su tipo de obtención, si el hidrógeno es producido a partir de agua y se han usado en (International Energy Agency, 2019)energías renovables para realizar el proceso de electrólisis (se explicará más adelante en el punto 2.1.3 *Hidrógeno verde*) no se emitiría ningún tipo de gas contaminante ya que lo único que se liberaría para producir el hidrógeno sería vapor de agua. Por lo que este tipo de hidrógeno llamado hidrógeno verde (o incluso azul) podría suponer una gran revolución si fuera posible de alcanzar todas las industrias para poder ser una gran alternativa frente a otro tipos de energía. (International Energy Agency, 2019)

### 2.1.2. Tipos de hidrógeno

Para conseguir producir el hidrógeno y como se ha comentado, es necesario supeditar a los distintos compuestos que contienen hidrógeno (agua, metano, amoníaco...) a diferentes procesos para conseguir separar el hidrógeno del resto de elementos. Los tipos de hidrógeno se denominan por colores dependiendo del tipo de energía utilizado para dicho proceso o por el tipo de compuesto del que proviene el hidrógeno, y según estos dos criterios, se le asigna un color dependiendo del impacto que tiene en el medio ambiente<sup>4</sup>:

---

<sup>3</sup> Fuente: <https://www.britannica.com/science/hydrogen>

<sup>4</sup> Fuente: [file:///Users/jaimemolinasauco/Downloads/LIBRO%20HIDROGENO\\_Fundaci%C3%B3n%20Naturgy.pdf](file:///Users/jaimemolinasauco/Downloads/LIBRO%20HIDROGENO_Fundaci%C3%B3n%20Naturgy.pdf)

- Hidrógeno gris: el tipo de compuesto del que proviene el hidrógeno son hidrocarburos como el metano ( $\text{CH}_4$ ) o el propano ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), por el que se busca separar el carbono del hidrógeno. Este proceso libera carbono a la atmósfera y según la Fundación Naturgy es el 95% del hidrógeno producido en Europa donde no se utilizan herramientas que atrapan las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera como veremos en el *Hidrógeno azul*. Suele ser el tipo de hidrógeno más utilizado en las refinerías (que son las mayores productoras de hidrógeno) debido a la importancia del  $\text{H}_2$  para refinar las impurezas de los productos finales. Este tipo de hidrógeno emite aproximadamente entre 2 y 3 veces lo que consume la combustión de 1kg de gasolina ( $9\text{-}10\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{kgH}_2$  frente a  $3\text{-}4\text{kg}$  de  $\text{CO}_2$  respectivamente) (Morante et al., 2020).
- Hidrógeno azul: Es muy similar al hidrógeno gris, la única diferencia es que el dióxido de carbono que se emite en el proceso se captura evitando de cierta manera la contaminación y se almacena gracias a la tecnología CCUS. Por lo que se considera que este tipo de hidrógeno es bajo en emisiones de  $\text{CO}_2$  y podría ayudar en la descarbonización de la industria del refino.
- Hidrógeno verde: Es el tipo de hidrógeno más limpio y responsable con el medio ambiente. El origen del compuesto es el agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) y el método utilizado se denomina “electrólisis” utilizando energía que proviene de fuentes renovables para separar los compuestos del hidrógeno y del oxígeno, por lo que en ningún momento del proceso se emite  $\text{CO}_2$  a la atmósfera, por tanto, este tipo de hidrógeno es al que se aspira que lidere la transición energética.
- Existen otros tipos de hidrógeno pero que se van a mencionar de menor medida en este trabajo como pueden ser el hidrógeno amarillo (en el que se utiliza el método de la electrólisis, pero la energía que se utiliza en el proceso no tiene por qué ser venir de fuentes de energía renovables) o el hidrógeno rosa (en el que de nuevo se utiliza la electrólisis, pero la energía que se utiliza proviene de la energía nuclear).

## **2.2. Conceptos relacionados con el análisis.**

### **2.2.1. Energías renovables**

Según el Departamento de Energía de EE. UU. las energías renovables se refieren a aquellas fuentes de energía que se obtienen de recursos naturales que tienen la capacidad de renovarse o que son inagotables, como puede ser el sol (energía solar), el viento

(energía eólica) o la fuerza del agua (energía mareomotriz u hidráulica), en contraposición a los combustibles fósiles que son limitados y no se regeneran como es el petróleo y gas. (Oficina de Eficiencia Energética y Energía Renovable de EE. UU., s.f.)<sup>5</sup>

Existen múltiples ventajas de las energías renovables frente a las no renovables:

- Son energías limpias y no generan contaminación para producir energía: para generar energía no necesitan quemar combustibles fósiles, por lo que no emiten gases de efecto invernadero ni contaminantes con los beneficios que ello supone para el medio ambiente.
- Son sostenibles y sustentables a largo plazo: al usar fuentes inagotables, es un tipo de energía que nunca va a tener problemas de suministro de fuentes de energía, aunque hay que destacar la dependencia que tienen a que haya sol, aire o que la fuerza del agua sea lo suficientemente fuerte como para que pueda generar energía.
- Ofrecen independencia energética a los estados: un gran problema (que estamos viendo actualmente) es la dependencia de los estados no productores de gas y petróleo de los que sí producen. Las fuentes de energía pueden ofrecer la independencia energética que muchos países en Occidente desean y necesitan. (Ferrovial, s.f.)

La capacidad a 2021 de las energías renovables a nivel mundial se ha duplicado frente a 2011, contamos con aproximadamente 2799GW frente a los 1329GW de 2011 de capacidad mundial (IRENA, 2021). En España el crecimiento ha sido más bajo, en 2011 contábamos con una potencia de 43GW y actualmente contamos con 70GW según Statista. (Statista, 2022)

### **2.2.2. Commodities o materias primas**

Las commodities o materias primas son: *“Un bien básico utilizado en el comercio que es intercambiable con otros bienes del mismo tipo. Las materias primas suelen utilizarse como insumos en la producción de otros bienes o servicios. Así pues, una mercancía suele referirse a una materia prima utilizada para fabricar productos acabados.”* (Hayes A. , 2021). Existen una primera clasificación de las commodities entre duras y blandas. Las materias primas naturales duras son aquellas que necesitan minarse o extraerse para poder tenerlas, los ejemplos clásicos son el petróleo, el oro, el gas natural... Por otro lado,

---

<sup>5</sup> Fuente: <https://www.energy.gov/eere/renewable-energy>

las materias primas blandas son aquellas que se cultivan (materias agrícolas) como puede ser el azúcar, el trigo, la soja... Si en un futuro el hidrógeno cotizase en un mercado físico se consideraría una materia prima dura.

### **2.2.3. Mercado físico de commodities**

Un mercado físico de commodities o materias primas es un lugar donde se comercian productos físicos como el petróleo, gas, alimentos, metales..., y los compradores y vendedores acuerdan el precio y la entrega en un lugar y tiempo determinado (entran los futuros de commodities). Estos mercados pueden ser locales o internacionales, y son importantes para establecer precios justos y estables de los commodities. En un mercado físico, los precios se determinan en función de la oferta y la demanda real de los productos y pueden fluctuar según diversos factores (Hayes A. , 2021). Dentro de estos mercados existen dos tipos de operativas de cara a poder comprar las materias primas, por una parte, existen las operaciones spot, que son intercambios inmediatos de materias primas. Por otra parte, existen los mercados de futuros (derivados) que son acuerdos entre dos partes en el que se acuerda el precio por un activo y la fecha futura de la entrega de estas materias primas.

Ejemplos de mercados físicos de commodities son la Bolsa de Mercancías de Nueva York (NYMEX) para el gas natural y petróleo, la Bolsa de Metales de Londres (LME) para metales industriales y la Bolsa de Chicago (CBOT) para maíz, soja y trigo. Estos mercados pueden estar organizados o mercados “Over The Counter” (OTC) que se negocian directamente entre los compradores y vendedores.

Hoy en día no existe un mercado físico del hidrógeno y donde la mayoría de las transacciones suelen ser contratos bilaterales a largo plazo. Es una de las razones por las cuales el precio del hidrógeno sigue siendo alto y por lo que hoy en día no es opción viable para transformar industrias enteras. (Fernández et al., 2021)

### **2.2.4. Inversión directa v. inversión indirecta**

La inversión directa implica la compra de una participación (en general mayoritaria) en una empresa o activo, ofreciendo al inversor cierto poder de decisión sobre la gestión y operaciones del negocio (dependiendo del porcentaje adquirido en la inversión). Por otro lado, la inversión indirecta consiste en invertir en una empresa o activo (o en varias



empresas de un sector específico) a través de intermediarios, como pueden ser los *fondos de inversión*.<sup>6</sup>

Tomando el ejemplo del hidrógeno, una inversión directa podría ser la adquisición mayoritaria de acciones en una empresa, centrada en el sector (producción, distribución, transporte...) del hidrógeno; por ejemplo, Air Liquide (AIRP). De esta manera, el inversor podría tener un control directo sobre las decisiones de gestión y operación, y recibir directamente los beneficios de esta.

En cambio, una inversión indirecta podría ser la inversión en un fondo de inversión que invierte en empresas relacionadas con la producción o distribución de hidrógeno; por ejemplo, invertir en el fondo de JP Morgan de energías limpias (“Clean Energy”). En este caso, el inversor no tendría un control directo sobre la empresa, pero de una manera indirecta tiene derecho a los beneficios de la empresa.

#### **2.2.5. Fondos de inversión**

Según la CNMV, los fondos de inversión son: “patrimonios sin personalidad jurídica, constituidos por las aportaciones de múltiples inversores. La sociedad gestora que ejerce la administración y representación del fondo se encarga asimismo de invertir estas aportaciones en distintos activos e instrumentos financieros, cuya evolución en los mercados determina los resultados, positivos o negativos, obtenidos por los inversores o partícipes”<sup>7</sup>. Un fondo de inversión es un mecanismo de inversión colectiva en el que los inversores depositan dinero y un equipo de gestores profesionales invierte en una variedad de activos financieros, como acciones, bonos y otros instrumentos financieros, con el objetivo de generar una rentabilidad. Los fondos de inversión se clasifican según el tipo de activos en los que invierten, la estrategia de gestión activa o pasiva<sup>8</sup> (la gestión activa se considera aquel fondo cuyos gestores buscan batir a los índices, seleccionando mejores activos financieros, por lo que en general suelen tener mayores comisiones de gestión; por otro lado, los resultados de la gestión pasiva van ligados a los resultados de un índice, por lo que los gestores suelen tener poco impacto en la rentabilidad del fondo), el tamaño y la temática de inversión. Los fondos temáticos se centran en áreas específicas, como energía renovable o tecnología, y solo invierten en empresas que se alinean con ese tema.

---

<sup>6</sup> Fuente: <https://www.investopedia.com/terms/d/direct-investment.asp>

<sup>7</sup> Fuente:

<https://www.cnmv.es/Portal/Inversor/Glosario.aspx?id=0&letra=F&idIng=1#:~:text=Fondo%20de%20inversi%C3%B3n%20compuesto%20por,y%20a%20su%20perfil%20de%20riesgo.>

<sup>8</sup> Fuente: <https://www.finect.com/usuario/Josetrecet/articulos/que-inversion-gestion-pasiva>

Por ejemplo, algunos fondos de inversión se enfocan exclusivamente en empresas que invierten en energías renovables o únicamente en hidrógeno verde.

### **2.2.6. Bonos verdes**

Según el Banco Santander, los bonos verdes son: “un tipo de deuda que emiten las organizaciones, tanto públicas como privadas, para financiar proyectos socialmente responsables con el medioambiente. Constituyen una forma de inversión en activos sostenibles cada vez más popular.”<sup>9</sup>.

Un bono verde en cuanto a forma tiene las mismas características que un bono convencional en cuanto obligaciones y derechos frente al emisor, presentando el mismo riesgo de impago que cualquier otro. Según Ignacio Prieto (exdirector de UBS en España y profesor de la Universidad Pontificia de Comillas – ICADE), estos bonos desempeñan una rentabilidad similar a la de los bonos tradicionales, sin embargo, como tienen un efecto positivo sobre el medio ambiente por financiar proyectos verdes como pueden ser de transporte sin emisiones, energía renovable, gestión del agua, desarrollo de nuevas tecnologías verdes, existe y cada vez más, un mercado que está dispuesto a comprar estos bonos. Se ha podido ver que incluso en los últimos años han ofrecido mejores rentabilidades que el resto de los bonos. En 2022 el mercado de los bonos verdes a nivel mundial era de 436 mil millones de dólares americanos según un informe de The Brainy Insights.<sup>10</sup>

### **2.2.7. Rentabilidad**

La rentabilidad en una inversión de manera simple es el dinero que ganas o pierdes en cualquier inversión financiera (Hayes, 2023). Por ejemplo, si compras una acción a 1 de enero a 100€ y se vende la acción en el mercado a 31 de diciembre por 120€ la rentabilidad ha sido de 20€ (en valor monetario) o se puede decir que has sacado un 20% de rentabilidad a la inversión. Como se ha mencionado existen muchos tipos de inversión y cada uno conlleva un riesgo y por tanto la búsqueda de una rentabilidad mayor cuando existe un mayor riesgo. Durante el trabajo analizaremos la rentabilidad en los fondos de inversión, acciones de compañías que inviertan en hidrógeno y la rentabilidad de ciertos bonos verdes.

---

<sup>9</sup> Fuente: <https://www.santander.com/es/stories/que-son-los-bonos-verdes>

<sup>10</sup> Fuente: [https://www.globenewswire.com/news-release/2023/02/27/2616409/0/en/Green-Bonds-Market-Size-Worth-914-4-Billion-by-2030-The-Brainy-Insights.html#:~:text=27%2C%202023%20\(GLOBE%20NEWSWIRE\),USD%20914.4%20billion%20by%202030.](https://www.globenewswire.com/news-release/2023/02/27/2616409/0/en/Green-Bonds-Market-Size-Worth-914-4-Billion-by-2030-The-Brainy-Insights.html#:~:text=27%2C%202023%20(GLOBE%20NEWSWIRE),USD%20914.4%20billion%20by%202030.)

### 2.2.8. Inversión sostenible (ESG)

La inversión sostenible sigue los principios marcados por los valores ESG. Las siglas ESG representa los criterios de “Environmental, Social y Governance” en inglés<sup>11</sup>, que se refieren a los factores ambientales, sociales y de gobierno corporativo que son importantes para los inversores en la actualidad. La inversión sostenible y responsable (ISR)<sup>12</sup> implica incorporar estos criterios en el proceso de selección de valores para una cartera de inversión (Adams & Hicks, 2023). La letra E se enfoca en el impacto ambiental de una empresa, mientras que la letra S se enfoca en la función de la empresa en el impacto social y comunitario, y la letra G se centra en el gobierno corporativo, como la composición del Consejo de Administración y las políticas de transparencia. (Ulrich, 2016)

Las agencias de rating especializadas en sostenibilidad fueron las primeras en considerar los criterios ESG, obteniendo información de equipos especializados de sostenibilidad o de RSC. Aunque los inversores institucionales históricamente se enfocaron en los aspectos relacionados con el gobierno corporativo, su interés en reducir el impacto que tienen sus negocios en el medio ambiente y las cuestiones sociales ha ido aumentando en los últimos décadas, como puede ser por ejemplo la salud mental de sus empleados o el impacto en las comunidades locales donde realizan la actividad empresarial. (Ballesteros, 2021)

Según un informe de *McKinsey&Company* desde hace más de una década que los criterios ESG empezaron a concienciar a empresas y firmas (fondos, gestoras, bancos...) de inversión, han tenido un impacto, al menos, de que más del 90% de las empresas cotizadas del índice S&P500 publican informes ESG y hasta qué punto lo están cumpliendo y hasta donde quieren llegar. La inversión de fondos en empresas que cumplen un mínimo de requerimientos de los criterios ESG han aumentado desde los €5.000M en 2018 a más de €70.000M en 2021, y en el que hoy en día sigue creciendo tras el COVID-19. (Pérez et al., 2021)

---

<sup>11</sup> Fuente: <https://www.spglobal.com/spdji/es/documents/education/practice%20essentials-understanding-esg-investing-spa.pdf>

<sup>12</sup> Fuente: <https://www.forbes.com/advisor/investing/sri-socially-responsible-investing/>

### **3. CAPÍTULO 3: ESTUDIO Y ANÁLISIS**

*“La energía renovable debe crecer a un ritmo seis veces mayor para que el mundo comience a cumplir los objetivos marcados en el Acuerdo de París de 2015” (IRENA, 2018)*

Como bien se ha mencionado el objetivo de este trabajo es analizar si la inversión en hidrógeno verde como activo financiero es atractivo. Para ello es necesario analizar el contexto del hidrógeno hoy en día, qué proyecciones tiene y qué regulación, de esa forma poder extrapolar la importancia del hidrógeno verde frente a otro tipo de hidrógeno como puede ser el gris (marrón o negro incluidos).

Primero se analizará el hidrógeno verde como activo financiero entrando en las variables más importantes que podrían llevar a concebir si fuera una buena inversión. Atendiendo a toda la fase de producción y la creación de valor en cada momento, el análisis de la oferta y demanda de hidrógeno para observar si realmente existe una tendencia alcista hacia el consumo en las distintas industrias y sectores, debido a que, si fuese un tipo de energía con solo ventajas hacia el resto y aun así no se viera interés en el mercado, no se podría confirmar que fuera una inversión interesante. Los mercados más fuertes en cuanto a demanda son Europa y EE. UU. por lo que entender su regulación (de dónde viene y hacia dónde se dirigen los intereses de los Estados) y las diferencias puede ofrecernos una buena visión del enfoque de las instituciones y organismos públicos en cuanto a este tipo de energía, ya que tienen el poder de influir positivamente en la introducción de esta energía en la necesitada transición energética. Analizar comparables de empresas relacionadas y fondos de inversión que hayan invertido en esta energía nos puede ofrecer una visión de cómo se ha comportado el mercado en un pasado y hacia donde se puede dirigir las inversiones financieras.

Finalmente es necesario una reflexión y análisis de las perspectivas de que el hidrógeno tenga un mercado físico, así como el hidrógeno verde, de cara a proporcionar transparencia y mejores precios a los consumidores.

#### **3.1. Hidrógeno verde como activo financiero**

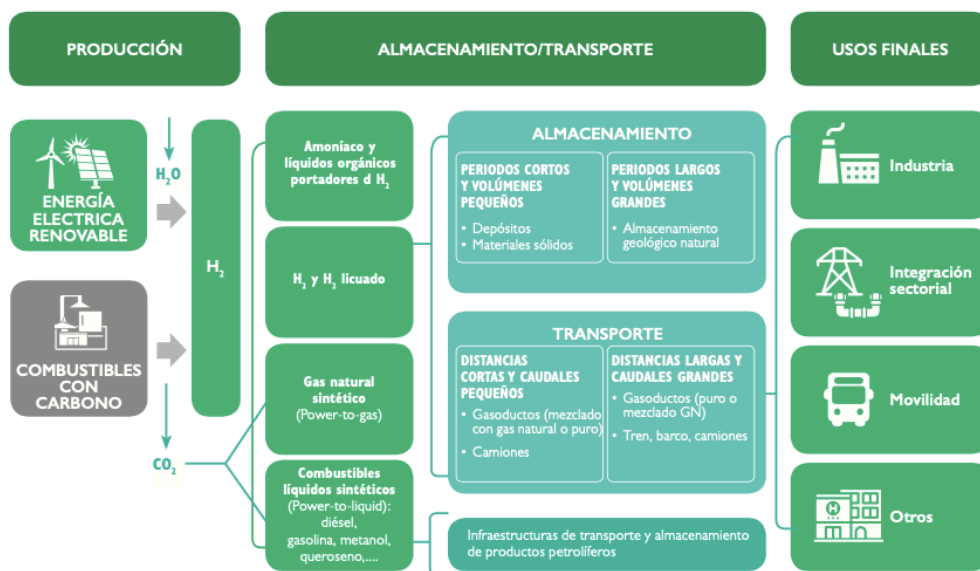
##### **3.1.1. Cadena de valor**

Analizar la cadena de valor del hidrógeno y de sus diferentes tipos requiere observar todas las opciones posibles debido a que, como se ha mencionado, dependiendo del tipo de elemento que se utilice para sustraer el hidrógeno y el tipo de energía empleado para realizar dicha acción el resultado es diferente en cuanto a tipo de hidrógeno y las consecuencias desde un punto de vista medioambiental.

Podemos observar tres partes muy bien estructuradas que es la producción, el transporte y almacenamiento, y finalmente el consumo final (y sus potenciales usos). Como se irá viendo en cada apartado, cada parte de la cadena está interconectada. Lo que dificulta el análisis y por lo que es necesario que la interconexión entre cada parte funcione de una manera óptima y se maximice su utilidad. (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020)

La siguiente tabla, muestra una imagen de las diferentes de posibilidades que existen con este vector energético. Donde hay posibilidades tanto en la producción (elementos y energía aplicada), en el almacenamiento y transporte y los diferentes usos que hoy en día se le está dando oportunidad o es necesario el hidrógeno para el correcto funcionamiento de sus industrias.

**Figura 1.** Cuadro de la cadena de valor del hidrógeno



**Fuente:** Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2020). Hoja de ruta del hidrógeno: Una apuesta por el hidrógeno renovable. Madrid: Gobierno de España.

### 3.1.1.1. Producción

Hoy en día el 95% del hidrógeno producido (IRENA, 2022) proviene de hidrocarburos/combustibles fósiles, y el porcentaje que usan CCUS es muy bajo, por lo que una amplia mayoría del hidrógeno producido es hidrógeno gris. Esto nos indica por una parte el uso de combustibles fósiles debe ser más asequible en cuanto a precio y facilidad de cara a convertirlo en H<sub>2</sub> y que existe un gran recorrido para el hidrógeno verde en caso de que las variables se faciliten.

#### - Hidrógeno a partir de combustibles fósiles

Este tipo de hidrógeno se produce principalmente a partir de gas natural (H<sub>2</sub> gris), pero también existe la posibilidad de producirlo a partir de carbón y petróleo. Cuando se usa gas natural y petróleo la tecnología aplicada para producir el hidrógeno principalmente son el reformado con vapor, oxidación parcial y el reformado autotérmico. Y con el carbón se suele aplicar el método de gasificación. Cuando se han aplicado estos métodos a la materia prima con sus diferencias, y se obtiene el hidrógeno se considera hidrógeno gris, a no ser, que durante el proceso se utilizaran la tecnología denominada como CCUS, en el que son capaces de capturar casi el 95% de los gases de CO<sub>2</sub> que se emitirían sino a la atmósfera, y por tanto pasa a denominarse hidrógeno azul. Sigue siendo una opción muy viable junto al hidrógeno verde para liderar la transición energética.

#### - Hidrógeno a partir de fuentes de energía renovable

La alternativa a la producción de hidrógeno con combustibles fósiles es mediante el proceso de electrólisis del agua<sup>13</sup>. Este proceso al estar realizado a partir de energía renovable y usando como elemento base el agua, no emite ningún GEI y por lo que es el hidrógeno que más convendría de cara a poder cumplir con los distintos tratados internacionales con respecto a la contaminación.

Sin embargo, aunque parezca que es la mejor forma de producir hidrógeno, también cabe destacar que es uno de los más costosos, ya que se requiere muchísima energía para poder producir el hidrógeno lo que hace aumentar en gran medida el coste final del producto (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020). También es una tecnología que no se ha desarrollado del todo, y sigue en una fase muy temprana, lo que requiere en gran medida de una fuerte inversión en desarrollo y tecnología. Existen otros métodos como la termólisis que consiste en descomponer el agua como la electrólisis,

---

<sup>13</sup> La electrólisis según el Ministerio para la Transición Ecológica es: una tecnología que “*consiste en la disociación de la molécula de agua en oxígeno e hidrógeno en estado gaseoso por medio de una corriente eléctrica continua, suministrada por una fuente de alimentación conectada a dos electrodos, en cuya superficie se produce la ruptura de la molécula del agua.*”

pero usando energía solar concentrada, que también está en una fase aún más temprana y poco desarrollada que la electrólisis.

### 3.1.1.2. Transporte y almacenamiento

El H<sub>2</sub> se puede presentar de muchas formas y todo ello depende de qué medio de transporte se necesita o se requiere y las capacidades que ese medio de transporte tiene, y por otra parte, la forma en la que se va a almacenar este vector energético y durante cuánto tiempo. Una buena previsión del transporte y del almacenamiento del hidrógeno es fundamental de cara a poder recogerlo desde su producción y llevarlo al consumidor final.

Existen principalmente tres tipos en los que el hidrógeno se puede presentar:

- Hidrógeno licuado: en el que como su propio nombre indica el hidrógeno se presenta de manera líquida, como podemos observar con el gas natural licuado en sus transportes marítimos, por ejemplo. Cualquier componente en estado líquido ocupa menos espacio que en estado gaseoso por lo que es una gran forma para transportar y almacenar grandes cantidades de hidrógeno contando con menor espacio. Sin embargo, cabe destacar que no tiene solo aspectos positivos, ya que el hidrógeno necesita llegar a los -253°C para poder ser licuado lo que supone un coste elevado energético y por lo que no es recomendable esta opción si va a estar almacenado un tiempo muy largo.<sup>14</sup>
- Hidrógeno gaseoso: el hidrógeno tiene una densidad muy baja; 0,08987 kg/m<sup>3</sup><sup>15</sup> en comparación con el gas natural que es 0,743 kg/m<sup>3</sup><sup>16</sup>. Podemos observar que el hidrógeno es mucho menos denso que el gas natural, lo que dificulta su almacenamiento para grandes cantidades. Pero facilita el almacenamiento si está comprimido a presión. Desde el Ministerio de Transición Ecológica de España promueven la idea de que existe la posibilidad de utilizar la red de transporte de gas natural para el hidrógeno, esto supondría reducir el consumo de gas natural por el de hidrógeno que a corto plazo parece difícil de pensar, pero a largo plazo, si existe un objetivo real de cumplir con los distintos Tratados, sí que se podría emplear esta vía de transporte con el hidrógeno en estado gaseoso. Existe por otra parte la opción de “blending” que supone mezclar ambos gases y separarlos al

<sup>14</sup> Fuente: <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-storage>

<sup>15</sup> Fuente: [https://www.udc.es/export/sites/udc/gem/\\_galeria\\_down/congresos/Copinaval\\_2011\\_103\\_-\\_USO\\_DE\\_HIDRxGENO\\_de\\_Troya\\_Calatayud\\_y\\_otros\\_.pdf\\_2063069294.pdf](https://www.udc.es/export/sites/udc/gem/_galeria_down/congresos/Copinaval_2011_103_-_USO_DE_HIDRxGENO_de_Troya_Calatayud_y_otros_.pdf_2063069294.pdf)

<sup>16</sup> Fuente: <http://gasnam.es/wp-content/uploads/2018/01/2016.01.21-Tabla-GASNAM-SEDIGAS-b.pdf>

final antes de que el consumidor necesitara cada tipo de gas, esto tendría un impacto negativo en la calidad final del hidrógeno.

- Hidrógeno “portado”: se parece a la idea de “blending”, el hidrógeno portado implica juntar el hidrógeno con líquidos orgánicos (LOHC) o amoníaco. El amoníaco cuyo uso está muy extendido por ser parte de los fertilizantes, existiría la posibilidad de unirlos y antes de la entrega al usuario final, separarlo mediante diferentes técnicas.

Una vez visto las diferentes formas en las que se puede presentar el hidrógeno se debe observar cómo se puede transportar el hidrógeno:

- Transporte por carretera (camiones): Suele ser el transporte más caro en términos relativos por lo que se usa para distancias cortas y para llegar a destinos donde no exista una alternativa.
- Gaseoductos/hidroductos: este tipo de transporte permite al hidrógeno transportarse licuado o en estado gaseoso. Existe una gran inversión en este tipo de transporte según la *Agencia Internacional de la Energía*.
- Transporte marítimo (buques GNL): permite el transporte de hidrógeno licuado o gaseoso y está pensado principalmente para largas travesías. En caso de que esté licuado el hidrógeno, como se mencionaba anteriormente, es recomendable no alargar mucho el almacenamiento debido a que tiene un gran coste en cuanto a la energía que se necesita para mantener la temperatura requerida.

### 3.1.1.3. Aplicación y potencial uso

Una vez analizado la producción del hidrógeno, así como el transporte y almacenamiento de este, falta analizar qué usos se le puede dar a este elemento y qué usos potenciales tiene dentro de las diferentes industrias. Para ello se va a dividir en dos usos u aplicaciones más generales:

- a) H<sub>2</sub> como fuente de energía:
  - Transporte: en este sector, el uso del hidrógeno se implementa gracias a las denominadas “pilas de combustible de hidrógeno”. Estas pilas generan electricidad a partir del hidrógeno. Esta electricidad generada es parecida a la que necesitan los vehículos eléctricos. Aunque vehículos eléctricos al uso y aquellos con pilas de combustible de hidrógeno tienen varias diferencias en cuanto a ventajas y desventajas. Las pilas de combustible son menos pesadas que las pilas



eléctricas al uso, lo que permite a los fabricantes de vehículos de hidrógeno crear vehículos menos pesados. También los tiempos de carga son menores y la distancia que puede recorrer con un depósito es mayor que los vehículos eléctricos. (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020) Sin embargo, si observamos el uso de energía implementado para generar el hidrógeno en todas sus fases, desde producción, hasta el almacenamiento pasando por la compresión para las pilas de combustible, tiene peor rendimiento energético que los vehículos eléctricos. Por esta parte, queda aún recorrido, hasta que las energías renovables no ofrezcan un precio muy competitivo de cara a la producción de hidrógeno, no veremos cambios reales. (BloombergNEF, 2020)

En el transporte ferroviario, existe un pequeño porcentaje donde tendría sentido la entrada del hidrógeno ya que la gran mayoría de las líneas ferroviarias están electrificadas. Existen en ciertos trayectos trenes que funcionan con diésel por no tener la capacidad de electrificarlo, por lo que si se ofrece un precio razonable el hidrógeno tendría sentido y un hueco en este nicho.

En el sector marítimo, se están haciendo pruebas piloto como en el puerto de Valencia (Cascajo, s.f.)<sup>17</sup>

- Alimentación de energía: el H<sub>2</sub> puede ser un gran sustituto, y más si es hidrógeno verde, del gas natural para las centrales eléctricas de pico, en el que, en momentos de alta demanda, se use el hidrógeno en vez del gas natural, mejorando el impacto que se tiene en el medio ambiente (Levene, 2005). Sin embargo, para las energías renovables siguen sin ser 100% fiables en cuanto a generación constante de energía por lo que actualmente pueden actuar como complemento, pero no como base central de la creación de energía.
- Calor industrial y residencial: el H<sub>2</sub> se puede utilizar como fuente de calor a nivel residencial y para aplicaciones a nivel industrial, quemando el hidrógeno que genera calor y vapor se puede utilizar desde para el agua caliente, calefacción o procesos industriales (International Energy Agency, 2019). Como bien se comentaba anteriormente, para la creación de calor hoy en día está más extendido la quema de gas natural, pero el posicionamiento del hidrógeno (y mejor visto si es hidrógeno verde o azul) ya que al quemar no emite GEI ni contamina de ninguna manera.

---

<sup>17</sup> Raúl Cascajo es el jefe de Políticas Ambientales de ValenciaPort

b) H<sub>2</sub> como materia prima para:

Esta es la clasificación que hoy en día demanda la mayor parte de la producción de hidrógeno siendo el hidrógeno gris el principal tipo de H<sub>2</sub> producido y consumido por estas industrias. Según la Agencia Internacional de la Energía (IEA) en su informe “*The Future of Hydrogen*” (IEA, 2019) las aplicaciones industriales donde se usa el hidrógeno como materia prima domina el mercado. El refino de petróleo supone un 33% de la demanda global, la producción de amoníaco y metanol se sitúa en el 38% (27% y 11% respectivamente) y la industria metalúrgica en especial el hierro, supone el 3% de la demanda global.

- Refino de petróleo: el 60% del hidrógeno demandado en esta industria es hidrógeno gris (proviene de gas natural) pero este porcentaje se puede ver reducido en caso de que las restricciones estatales e internacionales sigan aumentando y sean más intransigentes con esta industria. Se estima que muchas de estas plantas de refino, de cara a cumplir con las regulaciones, empezarán a implementar CCUS para que el hidrógeno que necesiten sea azul y no emita tantos GEI. El hidrógeno es necesario en el refino de petróleo para reducir o eliminar las impurezas del petróleo a través de un proceso denominado hidrotreamiento. El segundo caso en el que se usa el hidrógeno se llama hidrocraqueo que busca convertir hidrocarburos pesados en ligeros para el uso comercial como puede ser la gasolina o el diésel. (IEA, 2019)
- Amoníaco y metanol: el hidrógeno en la industria química sirve como materia prima para la producción de estos dos compuestos (mayoritariamente). Esto se debe a su composición química donde el amoníaco (NH<sub>3</sub>) y el metanol (CH<sub>3</sub>OH) necesitan del hidrógeno para su formación (Deloitte, 2021). La aplicación del amoníaco mayoritariamente se centra en los fertilizantes y el metanol tiene diversos usos, aunque su potencial reside en la posibilidad de producir bio-diésel o gasolina sintética (Bautista, 2011)
- Industria metalúrgica: existen ciertas aleaciones como el acero (que es una aleación entre hierro y carbono) es necesario el hidrógeno. Según Naturgy la industria del acero es uno de los principales actores de emisión de GEI a la atmósfera por lo que existe un interés real por que le hidrógeno verde u azul entren

en esta industria que como se mencionaba demanda el 3% de la producción mundial del hidrógeno.

De todos estos usos, es importante reseñar que el impacto real sucede cuando el hidrógeno proviene de fuentes renovables (hidrógeno verde) o en caso de que no sea posible y se necesite el uso de combustibles fósiles, que se hayan implementado el método CCUS para retener todo tipo de emisión de gases invernadero a la atmósfera lo que conocemos como hidrógeno azul, que sigue siendo un hidrógeno con un impacto muy bajo al medio ambiente.

### **3.1.2. Regulación sobre cambio climático e hidrógeno**

En este apartado se va a analizar cuál es el actual marco regulatorio del hidrógeno en dos de los mercados con mayor impacto y demanda que, como se ha mencionado con anterioridad, son los mercados europeo y norteamericano. Analizar la regulación ofrece una visión hacia dónde se dirige el mundo y cuáles son las estrategias que se deben establecer para cumplir los objetivos con respecto a las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación que producen ciertas industrias. El hidrógeno como alternativa es una opción viable para la transición energética, pero sobre todo si el hidrógeno viene de fuentes renovables (hidrógeno verde) o en caso de que no fuera viable, y es necesario el uso de combustibles fósiles, el uso de CCUS es esencial.

A pesar de que desde hace décadas existe una conciencia en la sociedad sobre el medio ambiente, la necesidad de reducir la contaminación, el uso de combustibles fósiles... como, por ejemplo, se puede ver recalado por el exvicepresidente de EE. UU. Al Gore en su documental “Una verdad incómoda” en 2006 donde muestra los efectos devastadores de la contaminación y la urgencia para reducir estos gases (Al Gore, 2006)<sup>18</sup>, los reguladores de los organismos públicos han ido estableciendo a partir de regulaciones, acuerdos y tratados, las líneas generales del camino que la sociedad debe seguir para reducir el impacto que tenemos en el medio ambiente. El análisis del marco regulatorio se centra a partir del Acuerdo de París de 2015 por ser un hito en su campo acorde con el departamento de Cambio Climático de las Naciones Unidas.<sup>19</sup>

---

<sup>18</sup> Documental disponible en la plataforma YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=WBpbJuXjy4w>

<sup>19</sup> Fuente: <https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris#:~:text=El%20Acuerdo%20de%20Par%C3%ADs%20es%20un%20hito%20en%20el%20proceso,y%20adaptarse%20a%20sus%20efectos.>

El Acuerdo de París es un acuerdo internacional sobre el cambio climático que fue adoptado en 2015 con el objetivo de limitar el aumento de la temperatura global a 1.5°C. Para lograr esta meta, es necesario que las emisiones de gases de efecto invernadero se reduzcan significativamente en todo el mundo, centrándose en los sectores, industrias y países que más contaminan (sobre todo los más desarrollados). Los países que firmaron el acuerdo se comprometieron a establecer objetivos nacionales de reducción de emisiones y a informar regularmente sobre su progreso. El Acuerdo también establece un marco de cooperación internacional en la lucha contra el cambio climático, que incluye la financiación para los países en vías de desarrollo y la creación de un mecanismo de transparencia que asegure que los diferentes Estados estén cumpliendo con lo firmado y acordado. Además, se espera que los países actualicen sus objetivos de reducción de emisiones cada cinco años para garantizar que se estén haciendo esfuerzos suficientes para alcanzar las metas establecidas. El Tratado ha sido ratificado por 191 países y se considera un importante logro en la lucha contra el cambio climático. (ONU, 2015)

#### 3.1.2.1. Europa

Europa siempre ha sido un mercado muy regulado y conocido por ello, que dependiendo de a quién se le pregunte, le puede parecer bien o mal, pero eso está fuera del análisis. Jean-Claude Juncker, ex presidente de la Comisión Europea de 2014 a 2019 mencionó las siguientes palabras: “Decidimos algo, lo dejamos por ahí y esperamos a ver qué pasa. Si nadie monta un escándalo, porque la mayoría de la gente no entiende lo que se ha decidido, seguimos paso a paso hasta que ya no hay vuelta atrás.<sup>20</sup>” Esto puede mostrar una idea general de lo que es el contexto regulatorio en Europa.

En términos energéticos y de cambio climático no se queda atrás, a pesar de que se va a ir mencionando a continuación las directivas europeas más importantes o aquellas con mayor impacto en el ámbito de la energía y del hidrógeno. Para ejemplificar lo mencionado, se ha prohibido en Europa la venta de coches diésel y de gasolina a partir de 2035<sup>21</sup>. Como se ha mencionado en los usos potenciales del hidrógeno, destacaba el uso en vehículos comerciales, donde si se reduce el precio y se sigue invirtiendo en el desarrollo de este vector energético, el hidrógeno (verde) podría posicionarse como un

---

<sup>20</sup> Fuente: <https://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/europe/eu/10967168/Jean-Claude-Junckers-most-outrageous-political-quotations.html>

<sup>21</sup> Fuente: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20221019STO44572/eu-ban-on-sale-of-new-petrol-and-diesel-cars-from-2035-explained>

sustitutivo, no de ya los vehículos de diésel y gasolina convencionales, sino también de los coches eléctricos de los que hoy en día son la única alternativa real.

A continuación, se va a presentar las diferentes normativas europeas más destacables:

- 12/2018 **Revisión de la Directiva Europea de Energías Renovable** (se conoce como RED II): tras la iniciativa publicada en noviembre de 2016 por la Comisión Europea llamada: “*Clean Energy for all Europeans*” en el que se marcan las líneas generales de lo que iba a ser el camino europeo en los próximos años en materia de energías limpias y renovables y consumos de estas; en diciembre de 2018 se revisa dicha directiva para actualizar los objetivos, donde se incrementa a un 32% el objetivo medio de la UE en cuanto a consumo de energía limpia<sup>22</sup>. Se requiere a los Estados miembros de la unión, que exijan al menos un 14% a los proveedores de las fuentes de energía para transporte (vehículos y trenes) de energía renovable. La directiva (2009/28/EC) tiene en cuenta las distintas capacidades de los Estados miembros, por lo que el 32% es una media global, hay países que se les requiere un porcentaje mayor como objetivo (como es el caso de Suecia con un 49%) y otros con objetivos menos ambiciosos (Malta con un 10% por ejemplo).
- 12/2019 **Pacto Verde Europeo**: acuerdo entre los Estados miembros por el cual se establecen ciertas iniciativas con el principal objetivo de convertir Europa en un mercado climáticamente neutro en 2050. Para ello la emisión de gases de efecto invernadero tiene que ser nula, el impacto del uso de los recursos no renovables no debe impactar en el crecimiento económico de la región y que sea transversal a los sectores y a la población. (Comisión Europea, 2019)
- 07/2021 **Paquete “Fit for 55”**: marco regulatorio europeo por el que se establecen 13 medidas interrelacionadas con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero 55% en 2030. (Comisión Europea, 2021)
- 12/2021 **Normas comunes para los mercados interiores del gas natural y los gases renovables y del hidrógeno**: La propuesta del Parlamento Europeo y del Consejo tiene como fin establecer normativas para los Estados miembros, principalmente en los mercados europeos de gas natural, hidrógeno y gases renovables, con el fin de garantizar un mercado seguro y competitivo y fomentar el uso de gases renovables y del hidrógeno. Se establecen normas para la producción, transporte, distribución y almacenamiento de estos gases, así como

---

<sup>22</sup> Fuente: [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/welcome-jec-website/reference-regulatory-framework/renewable-energy-recast-2030-red-ii\\_en](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/welcome-jec-website/reference-regulatory-framework/renewable-energy-recast-2030-red-ii_en)

su interconexión con otros mercados de energía. Todo ello con el objetivo de establecer una economía sostenible donde el uso de gases renovables y del hidrógeno, van a ser fundamentales para la transición energética. (Comisión Europea, 2021)

- 05/2022 **REPowerEU**: tras la invasión de Rusia a Ucrania, se han establecido ciertas directivas acerca del posicionamiento de Europa al conflicto, donde existe un rechazo total a Rusia. A pesar de ello, Europa sigue siendo muy dependiente del gas ruso, lo que limita nuestra independencia energética. Por ello, este documento establece el marco energético con vistas a 2030, donde el hidrógeno y las energías renovables jugarán un importante papel.<sup>23</sup>
- 02/2023 **Nuevas directivas para el hidrógeno renovable**: la Comisión Europea ha establecido normas determinadas para definir el hidrógeno renovable en la UE. Estos actos forman parte de un marco regulatorio integral de la UE con el objetivo de garantizar que los combustibles provengan de energía renovable, para ello, ayudas europeas e inversiones en infraestructuras están incluidas en estas directivas<sup>24</sup>.

### 3.1.2.2. EE. UU.

En noviembre de 2020 durante la Administración anterior liderada por el Republicano Donald Trump, se decidió salirse de los Acuerdos de París por no estar conforme con el reparto de responsabilidades<sup>25</sup>. Sin embargo, con la llegada del Demócrata Joe Biden, el viraje hacia políticas activas en lucha contra el cambio climático ha sido muy importantes y han definido en parte qué objetivos tiene el nuevo gobierno de EE. UU.

Por ello, en febrero de 2021, la Administración de Biden confirmó la vuelta de EE. UU. a los Acuerdos de París, con el objetivo de cumplir los retos marcados previamente<sup>26</sup>. Por ello, en abril de 2021, reunió a diversos líderes mundiales, donde comprometió a EE. UU. a reducir su contaminación de gases de efectos invernadero en torno al 50% para 2030 con respecto a la contaminación emitida en 2005<sup>27</sup>.

---

<sup>23</sup> Fuente: [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe\\_es](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_es)

<sup>24</sup> Fuente: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip\\_23\\_594](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_23_594)

<sup>25</sup> Fuente: <https://www.bbc.com/news/science-environment-54797743>

<sup>26</sup> Fuente: <https://www.state.gov/the-united-states-officially-rejoins-the-paris-agreement/>

<sup>27</sup> Fuente: <https://elpais.com/clima-y-medio-ambiente/2021-04-22/biden-promete-recortar-las-emisiones-de-ee-uu-hasta-un-52-a-finales-de-esta-decada.html>

Biden ha establecido diversas líneas generales para lograr los objetivos marcados para su nación y buscando liderar la transición energética. Por ello, la primera línea general de dicha transición es el establecimiento de una economía basada en energía limpia, invirtiendo grandes cantidades de dinero en este objetivo (como a continuación mencionaremos sobre el “*Inflation Reduction Act*”); entre esos objetivos está el desarrollo e inversión en infraestructura verde, buscando aumentar la eficiencia energética como la modernización de la red eléctrica, la construcción de electrolineras...

Dentro de estas medidas, el aumento de regulaciones y restricciones para dificultar y reducir las emisiones en diversos sectores como la industria y el transporte sigue aumentando y cada vez siendo más exigente con todas las industrias y sectores relacionadas. Aunque todo ello, ligado con la inversión en investigación y desarrollo de las nuevas tecnologías y energías como el hidrógeno y el hidrógeno verde más específicamente.

En agosto de 2022, la Administración Biden aprobó la ley conocida como “*Inflation Reduction Act*” (IRA), que ha sido uno de los principales marcos regulatorios y de ayuda que ha establecido los EE.UU. El IRA es un paquete de ayudas por valor de más de \$700.000M con la idea de promover e incentivar la transición energética, la reducción de costes sanitarios para la población, potenciar las energías renovables... usando principalmente la herramienta de los créditos fiscales, con cuatro principales líneas de acción, aumentar la producción de energías limpias, aumentar la fabricación de componentes clave para la transición energética reduciendo la dependencia de China (ya que es uno de los mayores proveedores), electrificación del transporte y desarrollo de los CCUS y del hidrógeno verde. Del total, aproximadamente la mitad (en torno a \$370.000M) va a estar enfocada en la seguridad energética y mitigación del cambio climático. (The White House, 2023)

Con ese paquete dedicado a las energías limpias, tendrá diversos impactos, por un lado las implicaciones climáticas (principalmente en el impacto en las emisiones de gases de efecto invernadero de EE.UU), comerciales y económicas (por las oportunidades de inversión y el crecimiento económico que supondrán estas nuevas industrias), y de seguridad y política exterior (por la diversificación en las cadenas de suministro, donde actualmente EE.UU depende de China para la fabricación de ciertas tecnologías, minerales críticos para ciertas industrias y baterías para vehículos eléctricos).

Según el Real Instituto Elcano, el IRA puede hacer que EE. UU. aumente su capacidad de energía limpia y abaratarla hasta tal punto, que pueda crear tensiones con Europa y su afán por liderar la industria del hidrógeno verde (Ruiz, 2023)<sup>28</sup>. Se estima según Elcano, que el IRA puede hacer de la energía eólica y solar la más barata del mundo entre 2025 y 2030, alcanzando los \$5MWh (aunque se espera que en torno a 2032, los precios vuelvan a subir debido a la reducción de los créditos fiscales, y por tanto de las ayudas federales). Según el EIA la energía renovable a día de hoy en EE. UU. se sitúa en torno al 25%, pero con el contexto actual y con la implementación de estas ayudas, antes de 2030, Estados Unidos podría llegar hasta el 66% de consumo de energía limpia. Las ayudas federales a priori con el IRA, son créditos fiscales para la producción de energía limpia y renovable de 2,6 centavos de dólar por KWh o el 30% del capital inicial requerido para producir dicha energía. Todas estas ayudas pueden irse incrementando si se dan una serie de condiciones.

Una de las características que propone el IRA para los créditos fiscales es se puedan combinar unos con otros, por ejemplo, a las exenciones fiscales que ya se han mencionado anteriormente, se propone un crédito adicional de hasta \$3/kg de H<sub>2</sub> verde (y azul si se mantienen una serie de límites de CO<sub>2</sub>); por lo que, si se combinan ambos, energía limpia e hidrógeno verde, las exenciones podrían llegar para el hidrógeno hasta \$4,50/kg. Si observamos que los costes del hidrógeno verde podrían caer por debajo de los \$3/kg antes del final de esta década, producir H<sub>2</sub> en EE.UU. podría llegar a ser gratuita, como bien afirman desde el Real Instituto Elcano.

Si Estados Unidos cuenta con una electricidad renovable de gran capacidad y que abunde, a priori no tiene ningún tipo de impacto a nivel internacional, sin embargo, y como se ha mencionado anteriormente, si esta energía se utiliza para transformarla en hidrógeno verde, puede llevar a tensiones geopolíticas con Europa. Ya que estas decisiones de incentivar y promover la producción del hidrógeno verde, y subvencionarlo de gran manera, podría llevar a que los Estados de la UE se convirtiesen en importadores de hidrógeno más que productores como plantea hoy en día la UE. Por lo que si se quiere llegar al objetivo de producción de 10 millones de toneladas de H<sub>2</sub> limpio, se tendrá que replantear en cierta manera la estrategia de atracción de inversiones.

---

<sup>28</sup> Artículo escrito por Pau Ruiz Guix para el Real Instituto Elcano



### 3.1.3. Inversión y rentabilidad en hidrógeno verde

A la hora de invertir en un activo, se pueden seguir distintos métodos y filosofías, dependiendo de la aversión al riesgo del inversor, es decir, hasta qué punto puede asumir riesgo el inversor; el horizonte temporal de la inversión, el inversor prefiere invertir a muy largo plazo o espera desinvertir en unas semanas; el estilo y objetivos de inversión, donde el inversor puede comprar y mantener hasta su horizonte temporal o prefiere tener una posición más activa de compra y venta del activo; incluso la filosofía de inversión (si la hubiera), cual es el razonamiento que lleva a un inversor a invertir en dicho activo y no en otro que a simple vista puede ser parecido.

Una de las filosofías más reconocidas en el mundo financiero es la “*Escuela de Value Investing*” muy reconocida e identificada por ser la filosofía que empleó desde el principio Warren Buffet, quien lo aprendió de Benjamin Graham<sup>29</sup>, en su famoso libro “*El inversor inteligente*” en el que muestra las principales cualidades que un inversor *value* debe tener, y cuáles son las principales características de una inversión *value*. Se suele decir que es invertir en valor, buscar activos infravalorados por el mercado pero que cuentan con un valor no valorado (valga la redundancia) por el consenso, sin embargo, existen otras filosofías ligadas a esta como es el “*Quality Growth*” que busca invertir en aquellas empresas que tienen el gran potencial a futuro e invierten en esa clase activo (Seilern, 2019), el hidrógeno se presenta como una gran oportunidad de inversión si está enfocada desde cualquiera de estas dos filosofías de inversión.

Por ello, en este punto se va a observar la inversión indirecta en hidrógeno e hidrógeno verde, tanto en fondos de inversión, acciones como los mecanismos de financiación de las empresas de emisión de bonos, pero aquellos cuya financiación levantada es destinada para objetivos ESG. La rentabilidad, entre otros criterios, mostrarán cómo se ha comportado el mercado con este vector energético y hacia dónde se puede ir dirigiendo la industria de la energía.

---

<sup>29</sup> Fuente: <https://www.bestinver.es/filosofia-de-inversion/value-investing-la-inversion-en-valor/>

### 3.1.3.1. Fondos de inversión

Los fondos de inversión son uno de los vehículos para invertir más populares por sus diversas características para el inversor institucional (fondos de pensiones, family-offices...) y también para el no institucional, es decir, para los inversores retail.

En este apartado se van a analizar tres fondos de inversión temáticos, que su objetivo de inversión son aquellas empresas que, por su naturaleza del negocio, promueven las energías renovables, invierten en nuevas tecnologías, están desarrollando el hidrógeno verde, y por todo esto, cumplen los criterios ESG.

Los tres fondos que se van a examinar son:

- BlackRock Global Funds – Sustainable Energy Fund
- Carmignac Portfolio Climate Transition
- Pictet – Clean Energy Transition

*Figura 2: Gráfico comparativo sobre tres fondos de inversión relacionados*



*Fuente: Elaboración propia con la plataforma de Bloomberg a día 31.05.2023*

En el gráfico que podemos observar en la parte superior, muestra una relación de los tres fondos de inversión desde mediados de 2018 hasta el día de hoy en términos de rentabilidad. Los fondos de BlackRock y Pictet se han comportado de manera muy similar y tras la crisis del Covid-19 han conseguido duplicar su valor en bolsa. Esto puede ofrecer una idea de, primero, las gestoras han sabido escoger buenos valores en bolsa, para obtener dichas rentabilidades; y segundo, al tener un comportamiento tan similar, en cuanto a fluctuaciones y rentabilidad, que muchas de las participadas son muy parecidas

(se verá en el siguiente apartado). Por otro lado, Pictet, sufrió una grave caída tras el Covid y hoy en día, no ha sabido recomponerse, por lo que la rentabilidad desde 2018 ha sido incluso negativa.

Para el inversor retail, es fundamental la elección de un buen fondo de inversión para cualquier filosofía o criterios de inversión que uno pueda tener. Como se ha observado anteriormente, dos de los tres fondos propuestos han evolucionado muy positivamente en los últimos cinco años, sin embargo, Pictet, no. Si nos quedamos con los dos mejores fondos, y viendo su evolución, el mercado está valorando positivamente tanto el estilo de inversión ESG, como el potencial que tiene la energía renovable y el hidrógeno. Como visión general, y con un horizonte temporal a largo plazo, donde las volatilidades del intradía no son perceptibles, sino el buen hacer de las empresas y sus estrategias, se puede afirmar, que el hidrógeno, y en especial el hidrógeno verde es una buena inversión.

#### **3.1.3.2. Acciones de compañías**

Una vez analizado los distintos fondos de inversión temáticos, donde su búsqueda de rentabilidad se centra en compañías cotizadas que su negocio está relacionado con las energías renovables, la inversión en nuevas tecnologías para luchar contra el cambio climático, el hidrógeno e hidrogeno verde, podemos confirmar que hay ciertas compañías que son recurrentes si observamos las participaciones que tiene cada fondo de los analizados.

Pueden ser varias las razones por las que estos fondos repitan en ciertas ideas y oportunidades de inversión. Por tamaño de las empresas, por sector u localización geográfica de sus negocios, por sus fundamentales (resultados financieros), porque no hay demasiada oferta o diversidad de opciones al ser un enfoque muy concreto, o porque simplemente son las empresas más reconocidas y seguramente de las mejores inversiones si una gran mayoría de fondos coinciden en la inversión.

A continuación, se va a presentar una tabla con 12 compañías que de forma directa o indirecta tienen negocio con respecto al hidrógeno e hidrógeno verde. Ciertas compañías producen el hidrógeno verde, otras desarrollan tecnología o ciertas partes necesarias para desarrollar una correcta operativa.

**Figura 3:** Cuadro comparativo de compañías cotizadas

Nombre	Ticker	País	Market cap.	Currency	Market cap. (EUR)	YTD	2022	1Y	3Y	5Y	PE ratio
Linde PLC	LIN US Equity	US	182216	USD	168550	13,95%	-2,20%	16,23%	98,74%	148,57%	29,06
Air Liquide	AIFP Equity	France	85072	EUR	85072	20,70%	-4,02%	9,68%	58,24%	95,69%	30,74
Iberdrola	IBE SM Equity	Spain	75229	EUR	75229	6,82%	9,41%	12,98%	46,84%	119,52%	15,37
Air products & chemicals	APD US Equity	US	62285	USD	57614	-9,03%	6,88%	18,20%	23,68%	86,00%	26,24
Orsted AS	ORSTED DC Equity	Denmark	271734	DKK	36488	2,39%	-25,11%	-10,03%	-8,46%	68,38%	22,98
Engie SA	ENGI FP Equity	France	35077	EUR	35077	7,59%	8,96%	31,82%	83,03%	38,77%	n.a.
RWE AG	RWE GR Equity	Germany	30847	EUR	30847	7,92%	118,81%	2,41%	65,10%	171,30%	14,32
POSCO Holdings	005490 KS Equity	South Korea	312068	KRW	21950	37,22%	1,11%	33,92%	138,11%	71,11%	12,96
Yara International ASA	YAR NO Equity	Norway	107850	NOK	9157	-3,12%	1,88%	-8,78%	63,65%	43,13%	5,11
Johnson Matthey PLC	JMAT LN Equity	UK	3476	GBP	3997	-10,00%	5,55%	-15,27%	3,45%	-29,06%	12,02
Neoen	NEOEN FP Equity	France	4286	EUR	4286	-18,44%	3,93%	-17,10%	2,59%	110,46%	81,00
Fusion Fuel Green PLC	HTOO US Equity	Ireland	55,7	EUR	55,7	-35,59%	-53,11%	-65,50%	-71,91%	-69,14%	n.a.
Mediana					32962	4,61%	2,91%	6,05%	52,54%	78,56%	19,18
Media					44027	1,70%	6,01%	0,71%	41,92%	71,23%	24,98
Ponderado					92251	10,16%	6,69%	13,13%	65,74%	110,87%	23,07

**Fuente:** Elaboración propia a través de la plataforma de Bloomberg a 19.05.2023

Los datos que no son porcentajes están representados en millones de su correspondiente unidad monetaria

En esta tabla podemos observar las 12 empresas que, según la plataforma de Bloomberg, cumplen con los criterios de estar relacionado con el sector del hidrógeno, y además, la gran mayoría, son participadas de los fondos que se han mencionado en el punto anterior. En la primera columna se observan los nombres de dichas compañías seguidas del Ticker (identificativo de cada compañía cotizada) y del país al que pertenecen. Al ser compañías internacionales, que cotizan en diferentes bolsas, y distintas monedas, para identificar las compañías más grandes (en cuanto a capitalización bursátil), se han presentado en la moneda de la UE, el euro (€), están ordenadas de mayor a menor tamaño.

Como se puede observar, Linde PLC, Air Liquide e Iberdrola son las tres empresas según Bloomberg más grandes del mundo en cuanto a capitalización bursátil. Las tres compañías están muy relacionadas con la energía renovable y están aumentando su inversión en hidrógeno y sobre todo en hidrógeno verde. Como es el caso de Iberdrola, como según dijo Ignacio Sánchez Galán, presidente de Iberdrola, en los próximos años invertirían en torno a los 3000 millones de euros en desarrollar el hidrógeno verde<sup>30</sup>. Donde ya se puede ir observando los avances en la mayor planta industrial de hidrógeno verde en Puertollano, Ciudad Real. Con esto, Iberdrola busca situarse como una de las empresas líderes a nivel mundial en este sector, intentado buscar ser el promotor de la transición energética.

<sup>30</sup> Fuente: [https://cincodias.elpais.com/cincodias/2022/05/25/companias/1653490286\\_085552.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2022/05/25/companias/1653490286_085552.html)

Las rentabilidades por aumento de valor en los mercados, en los últimos años, podemos observar unas ganancias muy considerables en cuanto al valor de estas compañías en las diferentes bolsas, destacando los crecimientos de Linde PLC e Iberdrola de las grandes compañías. Existen diversas razones por las que una compañía puede crecer en bolsa, pero lo primordial es que el precio de la acción de una compañía estima futuros comportamientos, es decir, cotizan expectativas no el valor actual de la empresa (Seilern, 2019), por lo que si estas empresas que en su mayoría han evolucionado positivamente, y en un contexto de mayor conciencia sobre el medio ambiente, tanto social como políticamente, y dónde el hidrógeno verde va a desempeñar un papel fundamental, el invertir en estas empresas sólidas y saneadas a nivel contable, es una buena inversión a largo plazo.

### **3.1.3.3. Bonos verdes**

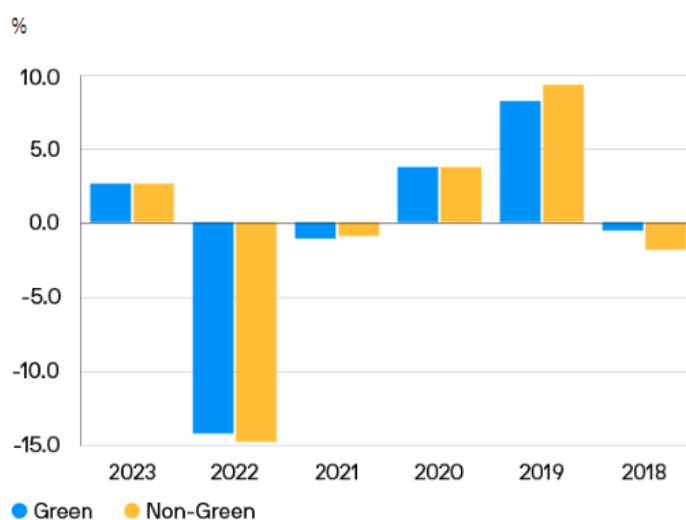
Los bonos verdes son una fuente de financiación que se utiliza para respaldar proyectos con impacto positivo en el medio ambiente y la sociedad. En los últimos años, ha habido un aumento significativo en la emisión de este tipo de bonos, aprovechando el impulso de conciencia ambiental y social. En 2022, se emitieron bonos sostenibles por un total de \$1.35 billones, de los cuales \$775 mil millones correspondieron a bonos verdes (Moody's, 2023)

Según JP Morgan<sup>31</sup>, se espera que la inversión en bonos verdes continúe creciendo. Esto se debe, en parte, a que las rentabilidades de los bonos verdes son comparables e incluso superiores a las de los bonos tradicionales. Además, los bonos verdes tienen una naturaleza defensiva, lo que significa que pueden ofrecer una mayor protección en períodos de volatilidad. En términos relativos, esto posiciona a los bonos verdes de manera favorable en el mercado.

---

<sup>31</sup> Fuente: <https://am.jpmorgan.com/gb/en/asset-management/per/insights/market-insights/market-updates/on-the-minds-of-investors/green-bond-market/>

**Figura 4:** Retornos ajustados a la duración de bonos tradicionales y bonos verdes



**Fuente:** Bloomberg, JP Morgan Asset Management

La emisión de bonos verdes permite a las empresas, organismos públicos y Estados financiar proyectos que promueven la sostenibilidad y contribuyen a la mitigación del cambio climático. Estos proyectos pueden incluir iniciativas de energías renovables, eficiencia energética, transporte limpio, gestión sostenible del agua, construcción sostenible y muchos otros ámbitos relacionados con la protección del medio ambiente y el bienestar social.

### 3.1.4. Futuro del hidrógeno

A lo largo de este trabajo, se ha realizado un análisis exhaustivo sobre el hidrógeno y, en particular, sobre el hidrógeno verde. Es innegable que el hidrógeno limpio jugará un papel fundamental en la transición energética necesaria para combatir el cambio climático. En este apartado, se abordarán los diversos retos y riesgos o desafíos que el futuro del hidrógeno enfrentará, con el objetivo de maximizar su potencial como fuente energética sostenible. El cambio climático representa uno de los mayores desafíos que enfrenta la humanidad en la actualidad. Ante esta problemática, se requiere una transformación radical en el sistema energético, buscando fuentes limpias y renovables que reduzcan drásticamente las emisiones de carbono.

En este contexto, el hidrógeno se presenta como una alternativa realista y prometedora, sin embargo, el futuro del hidrógeno no está exento de desafíos y riesgos.

#### 3.1.4.1. Retos

- Abaratar el precio: el coste de producir hidrógeno es alto, más alto incluso si se usan CCUS (que se necesitan seguir desarrollando) para evitar emitir gases de efectos invernadero e incluso más aún si se quiere producir hidrógeno verde a través de energía renovable. Por lo que sigue siendo un tipo de energía que a muchas industrias no compensa o incluso se prefiere mantener el uso del hidrógeno verde. Ya no es solo la producción en sí, sino el transporte y el almacenamiento. El precio es sin duda uno de los mayores retos a los que se enfrenta esta industria.
- Aumentar el porcentaje de hidrógeno verde frente a hidrógeno gris: actualmente el 95% del hidrógeno producido y consumido es hidrógeno gris, es decir, el uso de combustibles fósiles se usa para el proceso (IRENA, 2022). Para ello, desarrollar la tecnología que permita atrapar los gases invernadero será fundamental. Por otra parte, seguir desarrollando las energías renovables, en cuanto a potencia, capacidades y precio; podrán hacer del hidrógeno verde una verdadera alternativa y sustituto al hidrógeno gris.
- Mejorar la eficiencia: se debe mejorar la eficiencia en distintos aspectos, por una parte, en todo el proceso de producción, transporte, almacenamiento y distribución existen diversos problemas de degradación y durabilidad. Por otro lado, la eficiencia en el proceso de la electrólisis se sitúa entre el 62-82%, lo que sigue existiendo un reto de mejorar la eficiencia. (Brey, s.f.)
- Diversificar y profundizar en los diferentes usos: el hidrógeno ya se ha podido ver que tiene actualmente diversos usos a nivel industrial por ejemplo, sin embargo, sigue siendo necesario una transformación transversal a diferentes industrias y sectores tales como el transporte (automovilismo) de cara a seguir concienciando a la sociedad.
- Equilibrar oferta-demanda y desarrollar las infraestructuras necesarias: existe un dilema de por dónde se debe empezar por una oferta sin demanda, o una demanda sin oferta; este dilema independientemente de cuál sea la solución, debe ir acompañando una parte a la otra. Por lo que será necesario el desarrollo de las infraestructuras necesarias para poder hacer frente a una potencial demanda.

#### 3.1.4.2. Riesgos

- Margo regulatorio: A pesar de que a priori el conjunto de las estrategias regulatorias a nivel europeo y americano sea de un posicionamiento en contra del cambio climático y muy favorables al desarrollo de las energías limpias como puede ser el hidrógeno verde; un cambio en el contexto geopolítico (una guerra), o a nivel político nacional (cambio de gobierno) puede suponer un cambio de rumbo. Si por ejemplo, Trump ganase las próximas elecciones presidenciales en EE. UU. sería posible que favoreciera ciertas industrias antes que las renovables como se vieron en su anterior mandato.
- Energía renovable no cumple las expectativas: si las energías renovables (sobre todo la energía solar y eólica) durante los próximos años no son capaces de abaratare y de abastecer la energía necesaria en cuanto a cantidad y estabilidad, podría suponer un revés para el hidrógeno verde, principalmente en el precio, ya que dejaría de poder llegar a ser competitivo por sí solo y requeriría de subvenciones públicas.
- Certificados institucionalizados: el hidrógeno verde es aquel producido gracias a energías renovables y siendo la sustancia portadora del hidrógeno el agua que mediante la electrólisis separa los átomos del hidrógeno y oxígeno. Si alguna de las partes no está correctamente certificada, existe un riesgo de clasificar ciertos hidrógenos como hidrógeno verde.
- Posicionamiento europeo frente al potencial desarrollo del mercado de hidrógeno verde subvencionado en EE. UU: tras el IRA, Europa corre un riesgo de no liderar la transición energética con el hidrógeno verde y acabar siendo dependiente de EE. UU. por poder producir hidrógeno de manera más barata y en mayor abundancia, por ello, Europa debe promover la inversión y el desarrollo en este sector.

### 3.2. Mercado físico del hidrógeno

Como se ha podido observar a lo largo del punto 3.1. *Hidrógeno verde como activo financiero*, el potencial del hidrógeno verde es enorme. Año tras año la producción de hidrógeno es mayor y la concienciación de aumentar la producción porcentualmente hablando del hidrogeno verde frente a otros tipos de hidrógeno también sigue incrementándose. Las aplicaciones cada vez son mayores y se esperan que sigan



creciendo, por lo que el interés en este vector energético para que lidere la transición energética no va a decaer. Sin embargo, y ante todo esto, no existe un mercado organizado (mercado físico) para que los productores y consumidores finales puedan comprar hidrógeno al contado (spot) o comprar los derechos de futuras compras (futuros y derivados) como sí que sucede con otros elementos o commodities como son el petróleo, gas natural, el trigo, la soja, el azúcar, el aceite de palma... De cara a crearse un potencial mercado físico del hidrógeno, al ser un vector energético, se podría denominar como commodity y como tal poder intercambiarse como el resto. Si lo denominamos como un tipo de energía sería más complicado un mercado organizado y tendría que funcionar como hasta ahora, a base de intercambios bilaterales entre dos partes.

A lo largo de este punto analizaremos el contexto y las perspectivas de un mercado físico de hidrógeno y el impacto que esto supondría en este elemento y en su potencial.

### **3.2.1. Contexto**

El hidrógeno es un recurso energético con un gran potencial debido a su versatilidad y múltiples aplicaciones en diversas industrias. Tanto Estados Unidos como la Unión Europea reconocen su importancia y lo consideran clave en la transición hacia fuentes de energía más limpias y sostenibles. Para comprender mejor su papel en esta transición, es fundamental analizar la evolución de la demanda y la oferta. Actualmente el mercado del hidrógeno está valorado en \$160 000 millones y tiene una proyección de duplicarse en cinco años. (International Energy Agency, 2019)

La demanda de hidrógeno ha aumentado significativamente en los últimos años en sectores como el transporte, la industria química y la generación de energía eléctrica. Se están desarrollando vehículos de hidrógeno y redes de estaciones de servicio. Cada vez en más medida, y aprovechando el momento interés y defensa de las energías limpias, el hidrógeno verde se postula como una de las energías con mayor proyección.

En cuanto a la oferta, existen diferentes métodos de producción. Actualmente, y como se ha mencionado anteriormente, el 95% del hidrógeno es producido por combustibles fósiles, como, por ejemplo, a partir del gas natural que, mediante el reformado de vapor, se produce el hidrógeno gris. Sin embargo, se está fomentando cada vez más la producción de hidrógeno verde, obtenido de fuentes renovables principalmente de la energía solar y eólica mediante la electrólisis del agua. Este hidrógeno es el que los organismos públicos buscan explotar por sus beneficios medioambientales al no emitir gases de efecto invernadero.

A medida que la demanda de hidrógeno sigue creciendo, y los entes públicos están incentivando la producción de este vector energético, se están desarrollando nuevos proyectos e infraestructuras para aumentar la capacidad de producción, y mejorar así almacenamiento y distribución. Estos esfuerzos reflejan el reconocimiento de su importancia en la transición energética y el impulso para desarrollar un mercado sólido y eficiente para este recurso.

### **3.2.2. Potencial de un mercado físico**

La creación de un mercado físico para el hidrógeno y el hidrógeno verde podría tener un impacto significativo en la oferta y la demanda de esta fuente de energía. Un mercado físico permitiría la compra y venta de hidrógeno como una commodity, similar a otros productos básicos como el petróleo, el gas natural o los metales. A continuación, exploraremos cómo un mercado físico podría influir en la oferta y la demanda del hidrógeno, así como en su precio.

En primer lugar, un mercado físico proporcionaría una plataforma para que los productores de hidrógeno y los usuarios finales se encuentren y realicen transacciones. Esto permitiría una mayor eficiencia en la asignación de recursos y la distribución del hidrógeno, ya que los productores podrían vender su exceso de producción y los usuarios finales podrían acceder a un suministro confiable y constante. Además, la existencia de un mercado físico facilitaría la estandarización de las transacciones y los contratos, lo que reduciría las barreras comerciales y fomentaría la competencia entre las distintas empresas públicas y privadas.

En términos de oferta, un mercado físico del hidrógeno estimularía la producción y la inversión en infraestructuras relacionadas, así como el desarrollo de tecnologías relacionadas. Los productores de hidrógeno tendrían un incentivo adicional para aumentar su capacidad de producción y mejorar la eficiencia de sus procesos, ya que podrían acceder a un mercado más amplio y competitivo. Esto resultaría en un aumento en la oferta de hidrógeno y una mayor diversificación de los métodos de producción, incluyendo la generación de hidrógeno verde a través de la electrólisis del agua utilizando energía renovable.

Por otro lado, la demanda de hidrógeno también se vería afectada por la creación de un mercado físico. Los usuarios finales, como los sectores del transporte, la generación de energía y la industria, tendrían una mayor facilidad para acceder al hidrógeno y establecer

contratos de suministro a largo plazo. Esto podría conducir a un aumento en la adopción del hidrógeno como fuente de energía, ya que los usuarios finales se beneficiarían de un suministro estable y precios más competitivos.

En cuanto al precio del hidrógeno, un mercado físico permitiría la formación de un precio de referencia basado en la oferta y la demanda, por lo que el precio sería más transparente. Los precios se establecerían a través de la negociación entre compradores y vendedores, y podrían verse influenciados por factores como la disponibilidad de hidrógeno, los costes de producción, la competencia y los precios de otros combustibles y energías. La existencia de contratos a futuro también proporcionaría una herramienta adicional para gestionar el riesgo y la volatilidad de los precios. Esto generaría tranquilidad en el mercado y sobre todo para los grandes consumidores, que se asegurarían el hidrógeno a largo plazo.

Cabe destacar que en este mercado físico, sí que tendría sentido que pudiera cotizar tanto el hidrógeno verde como otros tipos de hidrógeno, esto facilitaría de primera mano mayores transacciones, sin embargo, sería interesante analizar la posibilidad de que fuese un mercado sostenible, es decir, solo pudiera cotizar el hidrógeno limpio (verde o azul como principales)

Un ejemplo de una materia prima que anteriormente no tenía un mercado físico y que luego lo desarrolló es el mercado del carbono. Antes de la implementación de los sistemas de comercio de emisiones, el carbono no tenía un mercado físico donde se pudiera comprar y vender como una commodity. Sin embargo, con la creación de los mercados de carbono, los emisores de gases de efecto invernadero pueden comprar y vender créditos de carbono, lo que ha llevado a una mayor eficiencia en la reducción de emisiones y la promoción de tecnologías más limpias. (Carbon market watch, 2020)

En conclusión, la creación de un mercado físico para el hidrógeno tiene sentido primero porque al ser un vector energético se puede comportar como una commodity y por tanto puede ser comprada y vendida, para ser almacenada o consumida. Esto tendría grandes beneficios como el desarrollo de esta energía, precios más asequibles y transparencia en los precios al contado y futuros del hidrógeno.

#### 4. CAPÍTULO 4: CONCLUSIÓN

El mundo está viviendo un proceso de concienciación generalizada, sobre todo en Occidente, donde se está exigiendo por una gran parte de la población, cambios en ciertas estructuras e industrias que ayuden a luchar contra el cambio climático y a reducir la huella que estamos dejando en la Tierra, con la emisión de gases de efecto invernadero. Por ello una transición energética transversal puede ser la clave que dé con esos objetivos que se han marcado en ciertos acuerdos y cumbres internacionales como el Acuerdo de París. Teniendo los objetivos establecidos en mente, como puede ser evitar que la temperatura de la tierra aumente por encima de los 2°C, el hidrógeno puede ser un sustitutivo ideal a los tradicionales combustibles fósiles, y sobre todo si dicho hidrógeno proviene del agua y los átomos del agua se separan mediante energía renovable, consiguiendo el denominado como hidrógeno verde.

A lo largo de este trabajo se ha analizado todo lo que tiene que ver con respecto al hidrógeno e hidrógeno verde para responder a la pregunta inicial. Para ello, se ha comenzado por el análisis de la cadena de valor del hidrógeno, en todas sus fases, para entender qué tipos de producción tiene, cómo se puede transportar y almacenar y sus posibles alternativas y finalmente que aplicaciones tiene actualmente, como puede ser en el sector del refino y metalurgia; y los potenciales usos que tiene en distintos sectores como en el transporte automovilístico y marítimo; aplicaciones a nivel residencial o para el almacenamiento de energía.

Observando las características de este vector energético, los estados Occidentales principalmente Estados Unidos, y aquellos que conforman la Unión Europea, han puesto en marcha la maquinaria legislativa para incentivar y promover el desarrollo del hidrógeno e hidrógeno verde en sus respectivos países, con el objetivo de desarrollar una economía más verde e independiente con vistas al futuro, como puede ser el paquete “Fit for 55” o “REPower EU” a nivel europeo y el “Inflation Reduction Act” en EE. UU. como se ha comentado durante el trabajo, la UE se ha querido posicionar como líder en cuanto a productor de hidrógeno verde, sin embargo, Estados Unidos ha decidido apostar fuerte y puede suponer ciertas tensiones en los próximos años.

Este potencial y apoyo desde las Instituciones Públicas, y lideradas por grandes empresas privadas que han ido desarrollando diferentes tecnologías a lo largo de estos años, y con proyectos de gran viabilidad, se han ido observando las rentabilidades en los mercados

de capitales, dónde los inversores tanto retail como los institucionales llevan invirtiendo años por las expectativas que se han puesto en este sector. Las rentabilidades en los últimos cinco años de las mayores empresas y de varios fondos de inversión, son la evidencia que sustenta esta afirmación.

Pero no todo son perspectivas sencillas y acomodadas, la industria del hidrógeno e hidrógeno verde se enfrentan a diversos retos en los próximos años y décadas, como abaratar los costes para que sin subvenciones el hidrógeno verde pueda competir con los combustibles fósiles tradicionales, aumentar la eficiencia en los procesos de electrólisis o equilibrar la oferta y la demanda. Y los riesgos, están presentes como que las energías renovables no cumplan las expectativas de desarrollo para poder ofrecer la cantidad necesaria y la estabilidad que se requiere para poder producir hidrógeno verde.

Uno de los mayores retos para que pueda hacer frente a los riesgos, es el desarrollo de un mercado físico del hidrógeno. Como es un vector energético, se puede considerar commodity y como tal, se puede comercializar. La creación de un mercado físico facilitaría el contacto entre productores y consumidores, el precio sería más transparente y más competitivo. Todo esto indica que la creación de un mercado físico para la comercialización de este vector potenciaría en gran medida el hidrógeno e hidrógeno verde.

Todo lo que se ha analizado a lo largo de este trabajo ha sido con la idea de responder a la pregunta de analizar el hidrógeno como activo financiero. La escuela “Value” popularizada por Warren Buffet y creada por Benjamin Graham, nos enseña que de cara a invertir en un mercado es fundamental entender todos los componentes del sector, analizar la regulación actual y la potencial, buscar los riesgos y retos a los que se enfrenta y atender al comportamiento pasado para que nos pueda ofrecer ideas del futuro.

Entendiendo todo lo que hemos analizado, y siendo conscientes de las limitaciones que ha podido tener el análisis, podríamos concluir diciendo que el hidrógeno y sobre todo el hidrógeno verde, tienen la perspectiva para situarse como una buena inversión desde el punto de vista financiero.

## 5. CAPÍTULO 5: REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Adams, M., & Hicks, C. (2023). *Socially Responsible Investing (SRI)*. Recuperado de: <https://www.forbes.com/advisor/investing/sri-socially-responsible-investing/>
- Ballesteros, C. (2021). *Principios ESG y cadena de valor: del reporting al impacto social*. Universidad Pontificia Comillas. Recuperado de: <https://www.managementsolutions.com/sites/default/files/publicaciones/esp/impacto-social-principios-esg.pdf>
- Banco Santander. (2022). *¿Qué son los bonos verdes y para qué sirven?* Recuperado de: <https://www.santander.com/es/stories/que-son-los-bonos-verdes>
- Bautista, C. C. (2011). La Utilización del Metanol como Biocombustible. Recuperado de: <http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/3231/1/La%20utilizaci%C3%B3n%20del%20metano%20como%20biocombustible.pdf>
- Bestinver. (s.f.). *Value Investing: La inversión en valor*. Recuperado de: <https://www.bestinver.es/filosofia-de-inversion/value-investing-la-inversion-en-valor/>
- BloombergNEF. (2020). *Hydrogen Economy Outlook*. Recuperado de: <http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/3231/1/La%20utilizaci%C3%B3n%20del%20metano%20como%20biocombustible.pdf>
- Brainy Insights Pvt Ltd. (s.f.). *Green Bonds Market Size Worth \$914.4 Billion by 2030*. Recuperado de: [https://www.globenewswire.com/news-release/2023/02/27/2616409/0/en/Green-Bonds-Market-Size-Worth-914-4-Billion-by-2030-The-Brainy-Insights.html#:~:text=27,%202023%20\(GLOBE%20NEWSWIRE\),USD%20914.4%20billion%20by%202030](https://www.globenewswire.com/news-release/2023/02/27/2616409/0/en/Green-Bonds-Market-Size-Worth-914-4-Billion-by-2030-The-Brainy-Insights.html#:~:text=27,%202023%20(GLOBE%20NEWSWIRE),USD%20914.4%20billion%20by%202030)
- Brey, J. (s.f.). *La electrólisis como una herramienta clave de la descarbonización del siglo XXI*. Recuperado de: <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/424/JAVIER%20BREY.pdf>
- Carbon market watch. (2020). *Carbon markets 101*. Recuperado de: <https://carbonmarketwatch.org/wp-content/uploads/2020/07/CMW-ENGLISH-CARBON-MARKETS-101-THE-ULTIMATE-GUIDE-TO->

MARKET-BASED-CLIMATE-MECHANISMS-FINAL-2020-  
WEB.pdf

- Cascajo, R. (s.f.). *H2Ports: Implementación de Tecnologías de Celdas de Combustible e Hidrógeno en Puertos*. Recuperado de: [http://www.upv.es/contenidos/FAC-FOV/info/Ra%FA1\\_Cascajo\\_H2PORTS.pdf](http://www.upv.es/contenidos/FAC-FOV/info/Ra%FA1_Cascajo_H2PORTS.pdf)
- Cinco Días. (2022). *Iberdrola invertirá 3.000 millones en hidrógeno verde*. Recuperado de: [https://cincodias.elpais.com/cincodias/2022/05/25/companias/1653490286\\_085552.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2022/05/25/companias/1653490286_085552.html)
- CNMV. (s.f.). *CNMV - Glosario Financiero*. Recuperado de <https://www.cnmv.es/Portal/Inversor/Glosario.aspx?id=0&letra=F&idlng=1#:~:text=Fondo%20de%20inversi%20>
- Comisión Europea. (2019). *El Pacto Verde Europeo*. Recuperado de: [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_es](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es)
- Comisión Europea. (2021). *Fit for 55 package*. Recuperado de: <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>
- Comisión Europea. (2021). *Normas comunes para los mercados interiores del gas natural y los gases renovables y del hidrógeno*. Recuperado de: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:52021PC0803>
- Comisión Europea. (s.f.). *La Comisión establece normas para el hidrógeno renovable* [Comunicado de prensa]. Recuperado de [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip\\_23\\_594](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_23_594)
- Comisión Europea. (s.f.). *REPowerEU. Una energía asequible, segura y sostenible para Europa*. Recuperado de: [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe\\_es](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_es)
- Deloitte. (2021). *The potential of hydrogen for the chemical industry*. Recuperado de: [https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/xs/Documents/energy-resources/me\\_pov-hydrogen-chemical-industry.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/xs/Documents/energy-resources/me_pov-hydrogen-chemical-industry.pdf)

- EU Science Hub. (s.f.) *Renewable Energy – Recast to 2030 (RED II)*. Recuperado de: [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/welcome-jec-website/reference-regulatory-framework/renewable-energy-recast-2030-red-ii\\_en](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/welcome-jec-website/reference-regulatory-framework/renewable-energy-recast-2030-red-ii_en)
- European Parliament News. (2023). *EU ban on the sale of new petrol and diesel cars from 2035 explained*. Recuperado de: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20221019-STO44572/eu-ban-on-sale-of-new-petrol-and-diesel-cars-from-2035-explained>
- Ferrovial. (s.f.). *Energías Renovables*. Recuperado de: <https://www.ferrovial.com/es/recursos/energias-renovables/>
- Fundación Naturgy. (2020). *Hidrógeno: Vector energético de una economía descarbonizada*. Recuperado de: <https://www.fundacionnaturgy.org/publicacion/hidrogeno-vector-energetico-de-una-economia-descarbonizada/>
- Gasnam. (s.f.). *Tabla de Equivalencias*. Recuperado de: <http://gasnam.es/wp-content/uploads/2018/01/2016.01.21-Tabla-GASNAM-SEDIGAS-b.pdf>
- Hayes, A. (2021). *Commodity Market: Definition, Types, Example, and How It Works*. Investopedia. Recuperado de: <https://www.investopedia.com/terms/c/commodity-market.asp>
- Hayes, D. (2023). *Terms: Returns*. Recuperado de <https://www.investopedia.com/terms/r/return.asp>
- Hicks, C. (2023). *Socially Responsible Investing (SRI)*. Recuperado de <https://www.forbes.com/advisor/investing/sri-socially-responsible-investing/>
- International Energy Agency. (2019). *The Future of Hydrogen*. Recuperado de [https://iea.blob.core.windows.net/assets/9e3a3493-b9a6-4b7d-b499-7ca48e357561/The\\_Future\\_of\\_Hydrogen.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/9e3a3493-b9a6-4b7d-b499-7ca48e357561/The_Future_of_Hydrogen.pdf)
- International Energy Agency. (2022). *World Energy Outlook 2022*. Recuperado de <https://iea.blob.core.windows.net/assets/830fe099-5530-48f2-a7c1-11f35d510983/WorldEnergyOutlook2022.pdf>



- IRENA. (2021). *RENEWABLE CAPACITY STATISTICS 2021*. Recuperado de: <https://www.irena.org/publications/2021/March/Renewable-Capacity-Statistics-2021>
- IRENA. (2022). *Geopolitics of the Energy Transformation. The Hydrogen Factor*. Recuperado de: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Jan/IRENA\\_Geopolitics\\_Hydrogen\\_2022.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Jan/IRENA_Geopolitics_Hydrogen_2022.pdf)
- Jolly, W. Lee (2023). *Hydrogen. Encyclopedia Britannica*. Recuperado de: <https://www.britannica.com/science/hydrogen>
- Jorge Fernández, R. Á. (2021). *PERSPECTIVAS DE DESARROLLO DE UN MERCADO GLOBAL DE HIDRÓGENO*. Recuperado de: <https://www.orquestra.deusto.es/images/investigacion/publicaciones/informes/cuadernos-orkestra/210006-Perspectivas-desarrollo-mercado-global-hidr%C3%B3geno-COMPLETO.pdf>
- Jr., A. G. (Dirección). (2006). Una verdad incómoda [Película].
- Juvyns, V. (2023). *Green bonds: Is doing good compatible with doing well in fixed income?*. Recuperado de: <https://am.jpmorgan.com/gb/en/asset-management/per/insights/market-insights/market-updates/on-the-minds-of-investors/green-bond-market/>
- Kenton, W. (2010). *Direct Investment Definition, With Types and Examples*. Recuperado de: <https://www.investopedia.com/terms/d/direct-investment.asp>
- Levene, J. (2005). *Production of Hydrogen at the Forecourt Using Off-Peak Electricity*. Recuperado de: <https://www.nrel.gov/docs/fy07osti/38354.pdf>
- Linares, J.I. Moratilla, B. (2007). *El hidrógeno y la energía*. Universidad Pontificia Comillas. Recuperado de: <https://www.comillas.edu/documentos/catedras/crm/descargas/2006-2007/aula%2018.04.2007.pdf>
- McGrath, M. (2020). *Climate change: US formally withdraws from Paris agreement*. Recuperado de <https://www.bbc.co.uk/news/science-environment-54797743>
- McKinsey & Company. (2022). *Global Energy Perspective 2022*. Recuperado de: <https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Industries/Oil%20and%20Gas/Our%20Insights/Global%20Energy%20Perspective%202022/Global-Energy-Perspective-2022-Executive-Summary.pdf>

- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2020). *Hoja de ruta del hidrógeno: Una apuesta por el hidrógeno renovable*. Madrid: Gobierno de España. Recuperado de: [https://energia.gob.es/es-es/Novidades/Documents/hoja\\_de\\_ruta\\_del\\_hidrogeno.pdf](https://energia.gob.es/es-es/Novidades/Documents/hoja_de_ruta_del_hidrogeno.pdf)
- Moodys. (2023). *Sustainable bonds to hit record \$1.35 trillion in 2022*. Recuperado de: <https://live.moodys.io/emerging-markets-insights/sustainable-bonds-to-hit-record-135-trillion-in-2022>
- National Geographic. (2022). *Propiedades del hidrógeno*. Recuperado de: [https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/propiedades-hidrogeno-h\\_18653](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/propiedades-hidrogeno-h_18653)
- Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. (s.f.). *Hydrogen Storage*. Recuperado de <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-storage>
- Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. (s.f.). *Renewable Energy*. Recuperado de <https://www.energy.gov/eere/renewable-energy>
- ONU. (2015). *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 2015*. Recuperado de: <https://www.un.org/es/climatechange/paris-agreement>
- Perez, L., Hunt, V., Samandari, H., Nuttall, R., & Biniek, K. (2021). *Does ESG really matter— and why?* Recuperado de: [https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/does-esg-really-matter-and-why#/#/](https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/does-esg-really-matter-and-why#/)
- Planelles, M. (2021). *EE UU vuelve a la lucha climática y promete recortar a la mitad sus emisiones en una década*. Recuperado de <https://elpais.com/clima-y-medio-ambiente/2021-04-22/biden-promete-recortar-las-emisiones-de-ee-uu-hasta-un-52-a-finales-de-esta-decada.html>
- Ruiz, P. (2023). *El impacto de la Inflation Reduction Act en las relaciones transatlánticas*. Real Instituto Elcano. Recuperado de: <https://www.realinstitutoelcano.org/analisis/el-impacto-de-la-inflation-reduction-act-en-las-relaciones-transatlanticas/>
- Seilern, P. (2019). *Only the best will do*. Hampshire: Harriman House.
- Statista. (2022). *Las energías renovables en España - Datos estadísticos*. Recuperado de: <https://es.statista.com/temas/6675/las-energias-renovables-en-espana/#topicOverview>
- The Telegraph. (2014). *Jean-Claude Juncker's most outrageous political quotations*. Recuperado de:

- <https://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/europe/eu/10967168/Jean-Claude-Junckers-most-outrageous-political-quotations.html>
- The White House. (2023). *Building A Clean Energy Economy*. Recuperado de: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/12/Inflation-Reduction-Act-Guidebook.pdf>
- Trecet, J. (2018). *Qué es la gestión pasiva: ventajas y desventajas*. Recuperado de: <https://www.finect.com/usuario/Josetrecet/articulos/que-inversion-gestion-pasiva>
- Troya, J. J., et al. (s.f.). *ESTUDIO COMPARATIVO DEL USO DE HIDRÓGENO FRENTE A COMBUSTIBLES FÓSILES EN MOTORES DE COMBUSTION INTERNA EN BUQUES*. Recuperado de [https://www.udc.es/export/sites/udc/gem/\\_galeria\\_down/congresos/Copinaval\\_2011\\_103\\_-\\_USO\\_DE\\_HIDRxGENO\\_de\\_Troya\\_Calatayud\\_y\\_otros\\_.pdf\\_2063069294.pdf](https://www.udc.es/export/sites/udc/gem/_galeria_down/congresos/Copinaval_2011_103_-_USO_DE_HIDRxGENO_de_Troya_Calatayud_y_otros_.pdf_2063069294.pdf)
- U.S. Department of State. (2021). *The United States Officially Rejoins the Paris Agreement* [Comunicado de prensa]. Recuperado de: <https://www.state.gov/the-united-states-officially-rejoins-the-paris-agreement/>
- Ulrich, E. (2016). *Entendiendo las inversiones según criterios ESG*. Recuperado de: <https://www.spglobal.com/spdji/es/documents/education/practice%20essentials-understanding-esg-investing-spa.pdf>
- Ulrich, E. (2016). *Entendiendo las inversiones según criterios ESG*. Recuperado de: [practice essentials-understanding-esg-investing-spa.pdf \(spglobal.com\)](https://www.spglobal.com/spdji/es/documents/education/practice%20essentials-understanding-esg-investing-spa.pdf)
- United Nations Climate Change. (s.f.). *El Acuerdo de París*. Recuperado de <https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris#:~:text=El%20Acuerdo%20de%20París%20es%20un%20hito%20en%20el%20proceso,y%20adaptar>
- US Department of Energy. (Julio de 2022). *Hydrogen Strategy Enabling A Low-Carbon Economy*. Recuperado de: [https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/07/f76/USDOE\\_FE\\_Hydrogen\\_Strategy\\_July2020.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/07/f76/USDOE_FE_Hydrogen_Strategy_July2020.pdf)