



¿Puede llegarse a emisiones 0% en movilidad terrestre mucho antes de 2050?

Joan Pedrola Garde

<i>Introducción</i>	2
<i>Electrificación</i>	4
<i>El hidrógeno verde</i>	6
<i>Combustibles Renovables</i>	9
Bioetanol	9
FAME (Fathy Acid Methyl Esther)	11
HVO (Hydrotreated Vegetable Oil)	12
Otros combustibles renovables	14
<i>Los e-combustibles</i>	15
<i>Conclusiones</i>	19
<i>Bibliografía</i>	22

Introducción

Los objetivos enunciados por el **Parlamento y el Consejo de Europa** [1] proponen que nuestro **territorio sea neutro en emisiones de CO2 en 2050**, con una **reducción del 55%** respecto a 1990 en **2030**.

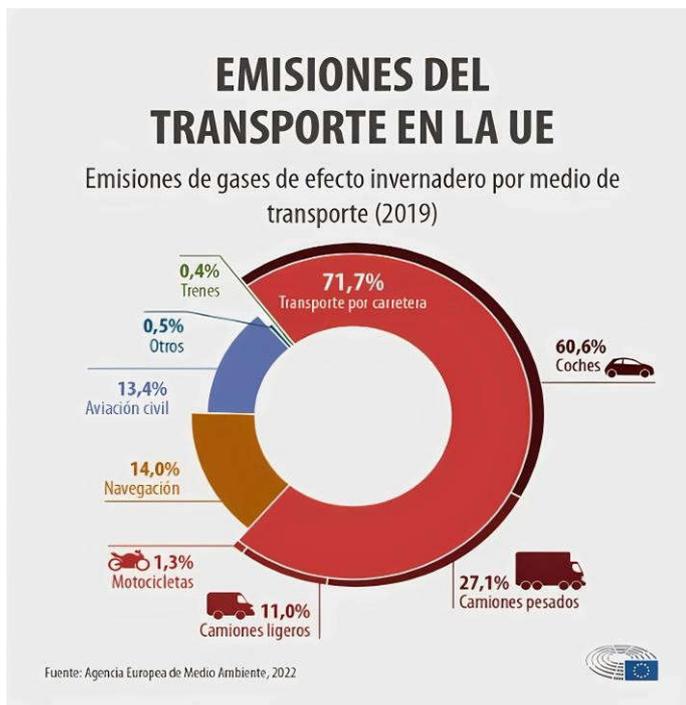
En el artículo publicado en **Nature** el 17/04/24 por P. Waidelich y otros, advierten de una **disminución de la economía mundial del 19%**, 18% en la península ibérica, debido al **cambio climático** hasta el 2050 aun disminuyendo las emisiones de CO2 de forma drástica ahora, quedando muy claro que invertir ahora en tecnologías que reduzcan las emisiones tendrá un retorno muy elevado si conseguimos moderar esa bajada [2].

Estamos pues ante el mayor reto actual para la humanidad y la pregunta que nos debemos plantear es: **¿sería posible avanzar en las fechas de reducción de emisiones comprometidas?** Pensemos que mientras no consigamos la neutralidad en las emisiones se irán acumulando en la atmósfera toneladas y toneladas de CO2 que no harán más que contribuir al aumento de la temperatura global, por lo que si es posible avanzar hay que contribuir a ello, y no hay que esperar ni un segundo más.

Centraremos los comentarios de este artículo al **ámbito de la movilidad terrestre**.

El sector transporte representa el 25% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero en España y casi el 40% de las emisiones de los sectores difusos (Residencial, Transporte, Agrícola y Ganadero, Residuos, Gases Fluorados, otros). Por modos de transporte, **la carretera representa casi el 95%** de las emisiones, mientras que la contribución de otros modos de transporte es bastante más minoritaria. [3]

Mirando **toda Europa** la distribución en 2019 era:



Pasemos a enumerar las soluciones planteadas en movilidad terrestre para llegar a emisiones 0%.

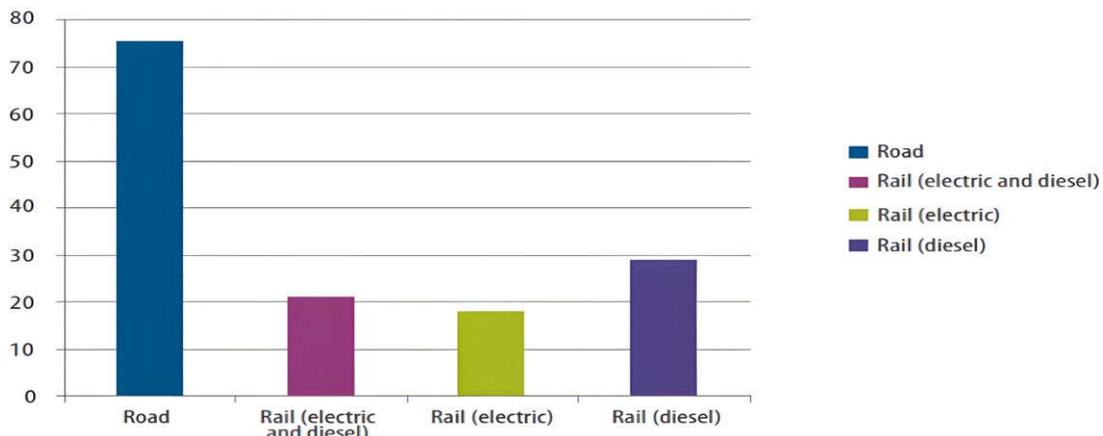
[69]

Electrificación

Está claro que la electrificación en el transporte terrestre es quizás la estrategia estrella escogida en Europa [1] [4].

Si hablamos de **movilidad eléctrica** debemos hablar primeramente del **tren**, solo una infraestructura, el **Corredor del Mediterráneo**, cuando este completada, podrá **ahorrar** la emisión anual de **5,5 millones de toneladas de CO₂**, al disminuir el número de camiones circulando por el este de la península ibérica, [5] [6], ya que el tren eléctrico es el medio de transporte que menos emite (ver prueba piloto con reducción del 92% de emisiones respecto al camión [7]) [8]:

CO₂ emissions per tonne-kilometre in the EU in 2012



Source: European Court of Auditors based on European Environment Agency data.

[70]



Y si el **transporte ligero** puede ser un candidato excelente para la **electrificación**, dado el peso que actualmente tienen las baterías, no parece que pueda ser la solución para el transporte pesado, aviación, marítimo, salvo, en el caso de **camiones**, si se desarrollan soluciones con **carga por catenarias**.

Pensemos en los miles de punto de recarga que deberían instalarse, y las ampliaciones

en redes de suministro que ahora no están diseñadas para esa movilidad solo eléctrica. [9]

Además, en el **cómputo de las emisiones** de CO2 es preciso considerar un análisis **“desde la cuna a la tumba”**, es decir, en todo el ciclo de vida, no nos podemos basar solamente en las emisiones del vehículo ya circulando, sin considerar qué se emitió en la fabricación, aunque haya sido en un país lejano, ni qué se va hacer y emitir con las baterías agotadas.



Todo suma. [18]

[66]

Al final el planeta en el que vivimos es el mismo y de nada sirve ser “limpios” aquí, y esconder debajo de la alfombra subvenciones enmascaradas o vertederos clandestinos. [10] [5] [11]

Nota: un coche eléctrico medio gasta del orden de 16 kWh/100 km

El hidrógeno verde

En la **movilidad** la idea es que el **hidrógeno verde** actúe como **vector energético** para poder transferir la energía generada de forma renovable.



[66, 66]

Hace 22 años se publicó el libro: “La economía del hidrógeno” de Jeremy Rifkin [67]. En ese momento podía parecer que el Sr. Rifkin era un visionario casi catastrofista. Aunque proponiendo ideas atractivas. Ahora, sus palabras releídas, cobran nueva vida, imaginar entonces la red de vehículos movidos con hidrógeno y pilas de combustible, incluso a los propios

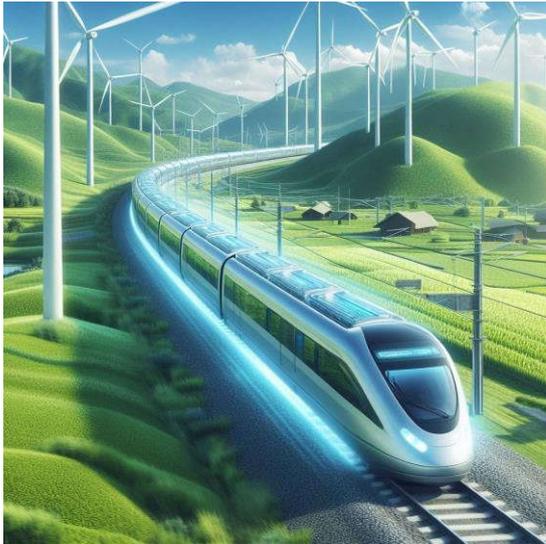
vehículos consumir hidrógeno y emitir agua en el parquin inyectando la electricidad que la red eléctrica pudiera necesitar en situaciones pico. Y, claro, **generar ese hidrógeno en donde más sol hiciera**, sea el país que fuera, ya que la electricidad renovable no puede transmitirse tan lejos como podría llegar un gaseoducto de hidrógeno, o un barco con hidrógeno en estado líquido. [66]



El hidrógeno es el elemento número 1 de la tabla periódica. Elemento representado por la letra “H” es el más ligero de dicha tabla, con una masa atómica de 100784 u. Es el elemento químico más abundante, constituyendo más del 75% de la materia visible en el universo. El hidrógeno elemental, en su forma diatómica H₂, es relativamente raro en la Tierra. Suele ser **producido** industrialmente a partir de hidrocarburos. Y para el caso que nos ocupa por un **proceso de electrólisis del agua**, utilizando electricidad generada sin emisiones de CO₂. Este elemento tan abundante y ligero, es considerado como la **fuerza de energía del futuro**. [12] [13] Este hidrógeno “verde” es lógico que se use directamente en la industria, en donde ya ahora es consumido (ejemplo: hidrogenación en la fabricación de HVO (ver más adelante) [14] [15] [16]). Puede utilizarse también como **sistema de almacenamiento de energía**. Y en el caso de la movilidad terrestre en donde la **electrificación no sea posible**, por ejemplo por no disponer de líneas con potencia eléctrica suficiente y por el coste y emisiones de CO₂ que supondría construirlas, por las distancias entre el lugar de la generación renovable y el punto de aplicación, **camiones de gran tonelaje**, cuando una **carga rápida** sea requerida (una hidrogenera suministra hidrógeno a razón de 1 kg/min, así, en coches, las cargas pueden ser de 5 o 6 minutos, mientras que una carga eléctrica rápida tarda bastantes más minutos [17]).

También ahora es preciso realizar un análisis de la “cuna a la tumba”, de todo el ciclo de vida, empezamos con electricidad renovable, **nos ahorramos las líneas de transporte eléctrico**, ya que interesa generar el hidrógeno lo más cercano posible a la fuente de electricidad renovable, y al agua a utilizar, con lo que como el Sr. Jeremy Rifkin indicaba podremos hacer llegar más lejos la energía, pero las pilas de combustible necesitan metales exóticos que hay que obtener y al fin de ciclo también

reciclar [18]. Claramente puede ser una buena alternativa para el transporte pesado (un **camión** con una sola carga de **80 kgr de hidrógeno** en depósitos a 700 bar o licuado puede recorrer cerca de **1.000 km** [19] [20]), y para **automóviles** hidrógeno-pila de combustible y automóviles de combustión de hidrógeno [21], con cargas de **6 a 8 kgr de hidrógeno** en tanques a 400 bar se llega hasta los **600 a 700 km** [12].



[66]

Además de los vehículos mencionados ya se han hecho pruebas de **trenes movidos por H₂ verde** [22]. Y es que, por ejemplo, alrededor del 40% de las principales líneas ferroviarias españolas no están electrificadas (es decir, unos 80.000 km), y los dispositivos que operan en estas líneas están constituidos por cerca de 5.900 trenes diésel y 5.800 locomotoras diésel [12]. Decir que en Japón están apostando por el **Avión eléctrico** con **pilas de combustible** alimentadas por hidrógeno [23].

Todo el proceso de fabricación, compresión,

transporte, y suministro al punto de entrega **del hidrógeno verde** a día de hoy **está ya consolidado, es una realidad**. Se han hecho pruebas con muy buenos resultados en flotas de taxis en París desde el 2015, también en vehículos de reparto [17] y camiones [20]. Contamos pues con una **buena alternativa a la electrificación**, con empresas que ya están suministrando los diversos componentes implicados en la generación, transporte y suministro (las **hidrogeneras**, por ejemplo, deben y están ya utilizando **equipos con aprobación metrológica** para permitir la facturación de los kg de H₂ suministrados [24][25] y **válvulas con “cero emisiones”** para H₂ a alta presión que deben cumplir con “Directiva de Transporte de Equipos a Presión TPED”, “ISO-22826 para válvulas de cilindros”, ATEX, “Cero Fugas según ISO 15848-1 & API 641” y “Seguras Contra Fuego según ISO 10497 & API 607” [26]). En los **electrolizadores**, como en el resto del proceso del hidrógeno la **seguridad** debe ser máxima dado el riesgo que el producto lleva asociado, por ello medidas como un **control** estricto de los **voltajes e intensidades** de la electrólisis [27], **control de la humedad, temperatura, presión**, etc. son **indispensables** [28].

Pero es preciso crear también toda la infraestructura necesaria. Ahora al principio, podría **inyectarse hasta un 20% de hidrógeno a los gaseoductos existentes** de Gas Natural [29], para recogerlo en el lugar de destino separándolo mediante un sistema de membranas [30]. Y, por supuesto, debemos disponer de la cantidad de electricidad renovable proporcional a la cantidad de H₂ verde a generar. Como ejemplo partiendo de que necesitamos **50 kWh para producir 1 kg de hidrógeno** en un electrolizador actual de mercado [31], vemos que disponiendo de una planta fotovoltaica como la de Amareleja en Portugal, la más grande de Europa, con una producción anual de **93 GWh por año** [32], podríamos generar **1.860.000 kg de hidrógeno**, con lo que considerando un vehículo que necesite una carga de 80 kg podremos hacer 23.250 repostajes anuales y dado un kilometraje anual para este tipo de camiones de 115.000 km [33], vemos que esta combinación de planta de generación de 93 GWh + Electrolizadores podrán sostener a unos **200 camiones a hidrógeno** durante todo un año.

Queda claro que hay mucho que hacer en instalación de energías renovables para satisfacer la posible demanda de **hidrógeno verde**, pero el sur de Europa, y en especial la **Península Ibérica** tiene unas **condiciones climatológicas ideales** para tal fin.

Nota: un coche a hidrógeno puede llegar a consumir sobre 1 kg/100 km. Al necesitarse unos 50 kWh para la fabricación de ese kg vemos que ahora consumiremos como poco 50 kWh para recorrer 100 km.

Se están abordando proyectos para facilitar el uso del “**Vector Hidrógeno**”, incorporándolo a moléculas que conlleven un más fácil manejo. El **Amoniaco** (NH₃) parece ser un muy buen candidato ya que actualmente ya existen infraestructuras para almacenarlo y se puede utilizar como fuente energética. Más adelante también hablamos sobre el **Metanol**. Estos fluidos parecen enfocarse más al transporte marítimo.

Combustibles Renovables

Bioetanol

Desde el año 2002 existen plantas que están produciendo “**bioetanol**” en el Sur Oeste Europeo. El etanol proveniente de estas plantas se está utilizando para la **fabricación** del antidetonante de la gasolina (Ethyl Tert Butyl Ether, o **ETBE**) que sustituyó al anteriormente usado MTBE, fabricado a partir de Metanol sintético, y forma parte de la formulación de las gasolinas. Además, se añade libre a las **gasolinas**, incorporándose actualmente, como **mínimo un 5%** de este carburante de origen renovable.

Obviamente el **uso** de este “**biocombustible**” **no altera en nada la logística actual de distribución de combustibles**, por lo que, a diferencia de las soluciones mencionadas anteriormente, en el estudio de “la cuna a la tumba” nos **ahorramos** todas las **emisiones** asociadas a la creación de nuevas estructuras de distribución.



[34]

Por explicarlo de una forma muy simple, estas plantas fabrican primero una cerveza a partir de cereales cultivados de forma sostenible, como maíz. Por fermentación, los azúcares provenientes del almidón se transforman en alcohol. Luego, esta “cerveza” es

destilada, y la mezcla azeótropa del alcohol y agua obtenida es deshidratada para conseguir una pureza de casi el 100%, quedando el producto listo para comercialización. Además del producto base, el **CO2 generado** en la fermentación es purificado y comercializado para el **uso en bebidas carbónicas**, ya que es un producto alimentario, **se obtienen aceites alimenticios** y los **sólidos** finalmente separados, **de un alto contenido proteico, utilizados para alimentación animal** [34].

¿Y por qué no se llena el territorio de plantas de “bioetanol” y funcionan aquí los coches como en Brasil, con alcohol? El cultivo del que parten en Brasil es la caña de azúcar siendo un cultivo muy adecuado para el clima de la región, y de un rendimiento anual por hectárea extraordinario. Con lo cual el país es capaz de producir hasta 30.500 millones de litros de etanol proveniente de la caña de azúcar [35]. **Las factorías de bioetanol**, en nuestro territorio, tienen el **hándicap en las materias primas**, ya que no podrá crecer su producción si los cultivos no aumentan.

FAME (Fathy Acid Methyl Esther)

El **FAME**, o también conocido como “**biodiesel**” se fabrica **a partir** de ácidos grasos (**aceites vegetales** como los de **soja, palma o colza**), **aceites recuperados de cocina** y otros. Esta materia prima se transforma mediante la transesterificación en un combustible apto para ser usado en un motor diésel. De todas formas, el porcentaje de mezcla con el gasóleo proveniente de la destilación del petróleo se suele limitar ya que un porcentaje muy alto resultaría en un producto fuera de especificaciones [36].



[66]

Se han visto **problemas** como la **deforestación de selvas tropicales** al extender el cultivo de palma para la obtención de su aceite, por lo que las autoridades han ido regulando el sector con el fin de evitar daños mayores.

Aquí volvemos a tener el problema de las materias primas, partimos de productos que entran en competencia

con la alimentación humana, y debe garantizarse que su origen sea sostenible (uso de agua, respeto con el medio, etc).

Hagamos el siguiente **ejercicio** para tener una visión de órdenes de magnitud, supongamos que vamos a **convertir todo el aceite de girasol y oliva** que se produce en España **en FAME**, y que, además, la planta que nos producirá ese FAME tendrá un rendimiento cercano al 90%.

Así, tenemos, 700.000 toneladas de aceite de girasol [37] más 765.300 de aceite de oliva [38], total 1.465.300 tn. Al convertirlos a FAME nos quedarán unas 1.300.000 tn., que con una densidad estimada de 880 kg/m³ [39] serán unos 1.480.000 m³. Si consideramos un camión como el del apartado del hidrógeno, resulta que consume de media 35 litros de gasóleo a los 100 km [40], y como indicábamos allí suponiendo que en un año recorre 115.000 km [33], entonces dispondríamos del **combustible anual para 36.770 camiones**.

Es decir, utilizando “todo” el aceite de girasol y oliva que produce España, pero como combustible, podríamos mantener activos alrededor del 14% de la flota de vehículos pesados que circulan en España [44]. Y aún con esfuerzos importantes promoviendo plantaciones sostenibles vemos que los órdenes de magnitud están lejos de poder ayudar a una disminución seria de las emisiones gracias al FAME. Lo mismo aplica para el posible aceite de cocina recuperado.

HVO (Hydrotreated Vegetable Oil)

El **aceite vegetal hidrotratado (HVO)** es un biocombustible de segunda generación. La fuente para su obtención no se limita a aceites vegetales, sino que puede producirse a partir de diversas materias primas, como el aceite de cocina vegetal usado, residuos de grasa animal, *tall oil* o aceites vegetales no aptos para uso alimentario.

El proceso de **hidrotratamiento** al que son sometidas dichas materias primas, y que implica la eliminación del oxígeno del aceite mediante hidrógeno a altas temperaturas, **transforma las grasas en hidrocarburos casi idénticos al diésel** convencional [41]. Con este proceso también puede obtenerse un **combustible apto para aviación (SAF: “sustainable aviation fuel”)** con especificaciones equivalentes al queroseno.

El **HVO** tiene unas especificaciones que encajan perfectamente con las del gasóleo, por lo que **puede mezclarse en cualquier proporción** con el procedente de refinado del petróleo o **incluso utilizarse al 100%** sin modificar para nada los vehículos diésel en los que vaya a utilizarse. Y lo mismo ocurre con el SAF y la aviación, y como son carburantes líquidos a presión atmosférica y temperatura ambiente, **pueden utilizarse** también ahora, como en el caso del FAME y el Bioetanol, **las instalaciones de distribución de hidrocarburos ya existentes**. Por lo que en la cuenta del CO₂ emitido tampoco habrá que considerar el CO₂ correspondientes a las infraestructuras por construir.

En la península ibérica se han anunciado o están ya en funcionamiento plantas de fabricación de HVO:

- REPSOL Refinería de Cartagena: Planta de HVO y SAF, con una producción de 250.000 tn anuales (ya en funcionamiento) [15]
- GALP Refinería de Sines: Electrolizador de H2 Verde de 100 MW y una producción de 270.000 tn anuales, de HVO y SAF (puesta en marcha en 2025) [42]
- CEPSA Refinería de Huelva: Planta de HVO y SAF, con una producción de hasta 500.000 tn anuales de (puesta en marcha en 2026) [43]

Podemos ver que las plantas mencionadas en su conjunto ofrecerán **1.020.000 tn anuales** del equivalente al gasóleo o al keroseno. Si vamos al caso de nuestro camión, considerando los mismos supuestos anteriores de densidad, consumo y kilometraje, estas producciones conjuntas utilizadas en la movilidad de camiones podrán sostener a unos **29.000 camiones** (serían más o menos el **9% de los vehículos pesados** que pueden estar circulando por la península ibérica [44] [45]).

Así, bienvenidas estas iniciativas ya que conseguirán ciertamente reducir la huella de carbono en movilidad, y como hemos dicho, sin ningún cambio en las infraestructuras actuales de distribución de los combustibles.

Además, en aviación, la sustitución por un combustible líquido de especificaciones equivalentes al keroseno parece como la solución menos dramática.

Otros combustibles renovables

Quisiéramos mencionar el proceso de **obtención de gasóleo a partir de plásticos reciclados**.

Proceso conocido como transformación por pirolisis. La pirolisis consiste en la descomposición química de los materiales plásticos por degradación térmica en ausencia de oxígeno, donde todos los residuos plásticos que llegan a la planta de reciclaje son mezclados sin importar en principio el tipo de polímero o mezcla del mismo, dado que el proceso es el mismo para todos, y son introducidos para su tratamiento en una cámara cilíndrica. En la cámara cilíndrica dicha mezcla de plásticos son sometidos a altas temperaturas, entorno los 370°C y 420°C, y los gases generados, los gases pirolíticos, se condensan con el fin de alcanzar un destilado de hidrocarburos, es decir, petróleo de bajo contenido en azufre [46].

Ciertamente es una forma renovable de obtención de un hidrocarburo y cuenta de las ventajas de los casos anteriores.

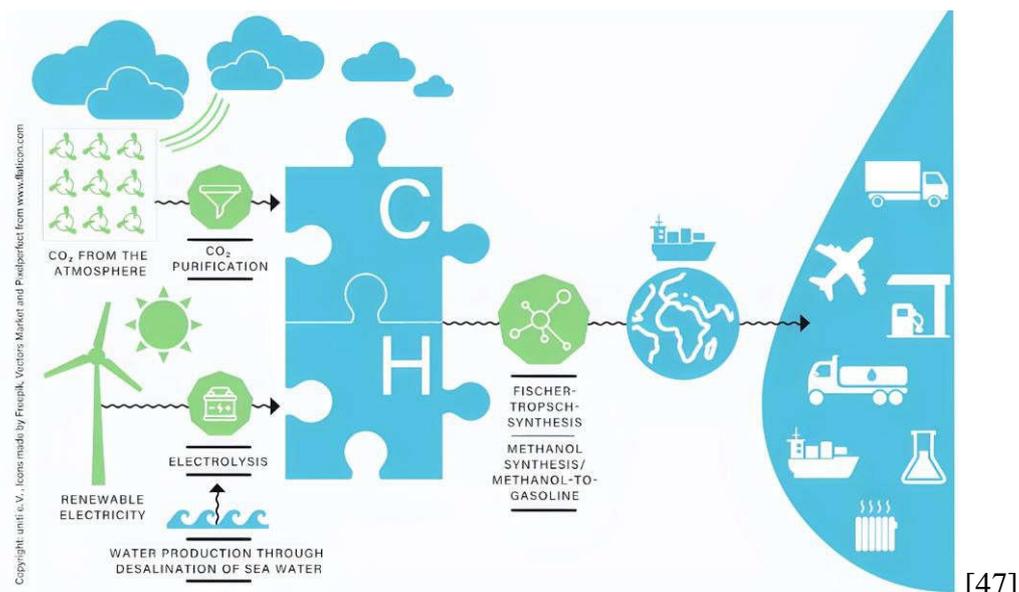
Los e-combustibles

Y entramos ahora en el último tipo de soluciones que vamos a tratar en este artículo de las que se están promoviendo actualmente.

La **producción de e-combustibles se basa a su vez en el hidrógeno “verde”**. Ya hemos visto que la electrólisis descompone el agua (por ejemplo, el agua de mar de las plantas desalinizadoras) en sus componentes, hidrógeno y oxígeno.

En un **segundo paso** del proceso, con ayuda de p.e. la síntesis de Fischer-Tropsch, **el hidrógeno se combina con el CO₂ extraído del aire, o de otras fuentes, y se convierte en un portador de energía en estado líquido: el e-combustible**.

A alta presión utilizando un catalizador, el hidrógeno se une al CO₂.



Como se utiliza electricidad para la producción de e-combustible, el procedimiento se conoce como proceso de conversión de energía a líquido: la electricidad, “verde”, se transforma en un líquido sintético que es fácil de almacenar y transportar. [47].

Y su **utilización** como en el caso de los bio-combustibles, **no necesita de ningún cambio en los vehículos actuales**, por ejemplo, en el sector agrícola en donde se ve difícil la electrización.



[66]

En este tipo de reacciones el **catalizador** es **crucial**, ya que el resultado puede ser una mezcla de componentes **inacabables**. De hecho, los productos de la reacción, según condiciones y catalizador, podrían especializarse en la **producción de Metanol, Gasolina, Diesel, o Combustible de Aviación**

(siempre es necesario un proceso de separación) [48]. Para que esta línea de solución al problema del calentamiento global funcione es preciso **investigar más en catalizadores, por lo que los centros dedicados a catálisis deben poder disponer de los fondos pertinentes. Las tecnologías que les permiten caracterizar dichos catalizadores y ver su eficacia deben de estar a su alcance para aumentar su productividad** [49] [50].

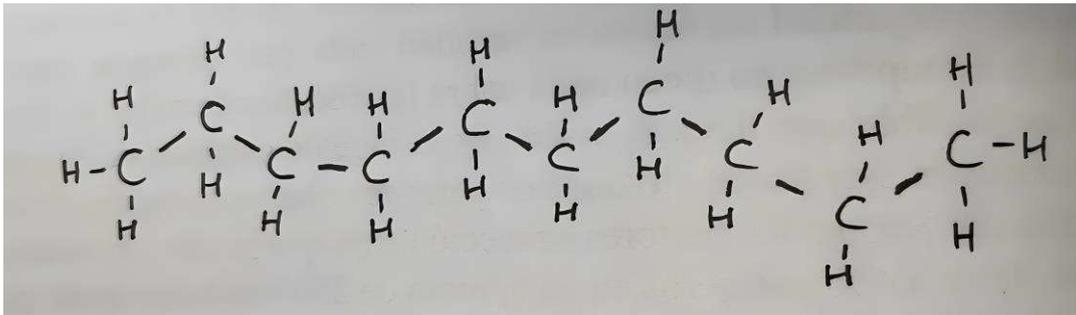
Existen ya iniciativas como la de la naviera Maersk para utilizar el **Metanol “verde” en buques** [51], o la de **Porche** que está ya produciendo **e-combustibles** en una pequeña planta en **Chile** para fabricar e-gasolinas, y con la experiencia acumulada quieren pasar a una planta de 55 millones anuales de litros a medio plazo, y finalmente a una de 550 millones a largo plazo [52], o la de **Repsol-Petronor** y **Saudi Aramco** que producirá 2.100 toneladas anuales a partir de 2025 [53], o la producción de **Amoniaco Verde** que hemos comentado antes.

Los e-combustibles no dependen de suministros agrícolas o animales, solo una fuente de CO₂ (la propia atmósfera o una industria que lo produzca [54]: los **grandes emisores** deben reportar las emisiones de CO₂ típicamente con **medidas de caudal según EN15267-3 y EN14181 (2015)** [55] con lo que sus emisiones podrían ser la fuente de uno de los componentes necesarios), y **por otro lado el hidrógeno** ya comentado.

Ya mencionamos en el caso del hidrógeno la relación entre energía eléctrica libre de CO₂ producida y el H₂ “verde”, ahora necesitamos ese mismo hidrógeno para ir un paso más allá.

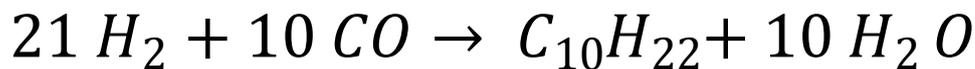
Pongámonos un **reto: producir e-gasóleo para el 20 % de los camiones pesados** que circulan en la península ibérica (unos **65.000** [44] [45]). Con las mismas consideraciones que hemos hecho en ejemplos anteriores, necesitaríamos en un año un total de **2.600.000 m³ de combustible** (consideraremos una densidad de 820 kgr/m³ para este caso [56] por lo que la masa total será de 2.132.000 tn).

Como base para este ejemplo vamos a simplificar muchísimo, le podríamos llamar **“Química-Ficción”**, y suponer que el e-gasóleo a ser sintetizado solamente contine n-decano, que es un componente, ligero, típico de las gasolinas, gasóleos o keroseno:



[72]

Fischer-Tropsch:



Con lo que podemos ver que para producir una molécula de nuestro e-gasóleo ligero particular necesitaremos 21 moléculas de hidrógeno.

La masa molecular del n-decano es de 142,3 gr/mol [57]

La masa molecular del hidrógeno molecular es de 2,016 gr/mol [58]

Y como necesitamos 21 moles de hidrógeno molecular para producir 1 mol [59] de decano, podemos afirmar que con 42,34 gramos de hidrógeno conseguiremos 142,3 gramos de nuestro e-gasóleo, en caso de una reacción ideal sin subproductos (más el CO₂ sustraído a la atmósfera o enviado desde una fuente emisora). Y como nuestra meta es conseguir 2.132.000 tn de e-combustible, por lo anterior vemos que necesitaremos unas 700.000 tn de H₂ (en este trabajo todos los cálculos son solamente para situar los órdenes de magnitud).

Y del apartado del hidrógeno de este artículo podemos ver que **se precisarán**, a su vez, **en un año**, unos **35.000 GWh** libres de CO₂ para generarlos (unas 380 plantas como las de Amaraleja comentada anteriormente [32]).

Nota: La planta en construcción por Petronor, mencionada anteriormente, producirá 2.100 toneladas anuales, para el caso estudiado necesitamos unas 1.000 plantas como esa.

Conclusiones

Promover más, mucho más, la generación eléctrica renovable es crucial, ya que como hemos expuesto más arriba necesitamos muchos GWh libres de CO2. Cuando paseamos por Holanda o Alemania y vemos la cantidad de placas fotovoltaicas instaladas en los hogares, ¡con la poca insolación que tienen!, y lo comparamos con lo que se ve en nuestro territorio, la conclusión es que en el sur de Europa aún no se está haciendo suficiente, quizás sentirse buena parte de los holandeses a 1 metro por debajo del nivel del mar les hace ser más consciente de la que nos viene.



[66] [74] [75] [76] [77]

Es preciso que se transporte por tren lo máximo posible, ya que eso podrá hacer disminuir la demanda de transporte por carretera y los combustibles necesarios para ello.

Por lo comentado anteriormente, de la conversación mantenida con el Dr. David Bothe, de Frontier Economics, en una conferencia reciente a la que asistimos [61], y según otras opiniones como la del Dr. Michael Bräu-ninger de la universidad Helmut Schmidt, y otros [62], vemos que **ninguna de las tecnologías que hemos comentado, por su cuenta, puede realmente hacer que llegemos al objetivo marcado para 2.050**, ya que cada una tiene sus pros y contras. Y en cambio, teniendo una **visión holística y combinándolas todas ellas se podría incluso avanzar la fecha y conseguir el objetivo**

emisiones 0 % en movilidad terrestre ya por aproximadamente 2.035 (existen diversos meta- estudios que así lo confirman [63]). Pero, claro, eso necesita un empeño decidido, desarrollar la **red de hidrógeno verde** para al menos alimentar una parte de los vehículos directamente con él, incluso plantearse **importar hidrógeno** de otros países [64] extender en lo posible los **puntos de suministro eléctrico para vehículos eléctricos**, desarrollar **cargas por catenarias para camiones**, y asumir que **los combustibles líquidos** a temperatura ambiente y presión atmosférica, **generados por procesos libres de CO₂**, pueden tener un **papel fundamental** ya que las infraestructuras existentes son las que se van a usar, no habrá emisión en eso, y los vehículos con motores de explosión, y sin necesidad de metales exóticos que obtener y refinar en minas, ni reciclar a final del ciclo del vehículo, tienen aún recorrido para mejorar rendimientos, con una tecnología ya lista y madura.

El planeta, y nosotros, que viajamos en él, necesitamos este cambio que comportará fuertes inversiones público-privadas, pero que tienen un financiamiento posible [65].

Es deber de todos ponernos manos a la obra.

Autor del artículo

Joan Pedrola Garde

Responsable de Metrología en Iberfluid Instruments

Asesor Senior en Medición de Caudal

Fecha de finalización: 02/09/2024

Bibliografía

- [1] European Commission, 14 Julio 2021. [En línea]. Available: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:dbb7eb9c-e575-11eb-a1a5-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF.
- [2] F. B. J. R. J. S. K. & S. I. S. Paul Waidelich, «<https://www.nature.com/>» 17 04 2024. [En línea]. Available: <https://www.nature.com/articles/s41558-024-01990-8>. [Últim accés: 18 04 2024].
- [3] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, «<https://www.miteco.gob.es/>,» 14 Abril 2024. [En línea]. Available: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/transporte.html#emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-correspondientes-al-sector-en-espana>. [Últim accés: 14 Abril 2024].
- [4] Renew2030.org, «<https://renew2030.org/2023/>,» 27 11 2023. [En línea]. Available: <https://www.driveelectriccampaign.org/>. [Últim accés: 17 4 2024].
- [5] EL Corredor Mediterráneo, «<https://elcorredormediterraneo.com/>,» 14 Abril 2024. [En línea]. Available: <https://elcorredormediterraneo.com/emergencia-climatica-corredor-al-rescate/>. [Últim accés: 14 Abril 2024].
- [6] El corredor Mediterráneo, «<https://elcorredormediterraneo.com/>,» 18 1 2022. [En línea]. Available: <https://elcorredormediterraneo.com/jordi-torrent-port-barcelona/>. [Últim accés: 18 04 2024].
- [7] Generalitat de Catalunya, «<https://govern.cat/>,» 23 12 2021. [En línea]. Available: <https://govern.cat/salaprensa/notes-premsa/416982/transport-mercaderies-ferrocarril-redueix-92-percent-emissions-co2-prova-pilot-cava-catalunya-alemanya>. [Últim accés: 18 04 2024].

- [8] I. G. B. (. M. e. RailGrup), *Intercambios de información con el Sr. Gómez Belinchón*, Barcelona, 2024.
- [9] Frontier Economics, «Climate protection and mobility an economic optimisation problem,» de *Climate protection and mobility an economic optimisation problem (Baden-Baden Engine Congress)*, Baden-Baden (Germany), 2020.
- [10] N. H. Sánchez, «elnacional.cat,» 5 Abril 2024. [En línia]. Available: https://www.elnacional.cat/oneconomia/ca/opinio/futur-vehicle-electric_1189176_102.html. [Últim accés: 5 Abril 2024].
- [11] ON ECONOMIA, «Chery i altres marques de cotxes xinesos que planegen obrir fàbriques a Europa,» *Chery i altres marques de cotxes xinesos que planegen obrir fàbriques a Europa*, 14 Abril 2024.
- [12] J. P. Piñol, *Estudio de un surtidor de hidrógeno para hidrogeneras*, Barcelona: Institut Químic de Sarrià, 2022.
- [13] Sostenibilidad, «<https://www.sostenibilidad.com/>,» 14 Abril 2024. [En línia]. Available: https://www.sostenibilidad.com/desarrollo-sostenible/que-es-el-hidrogeno-verde/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw_e2wBhAEEiwAyFFFo_yZzGYJXnXMcZFtH6c3eJa0hhHztr8MxuqvwOq6488_2ou2FflSnxoCeokQAvD_BwE&_adin=02021864894. [Últim accés: 14 Abril 2024].
- [14] GALP, «<https://www.galp.com/>,» 25 9 2023. [En línia]. Available: <https://www.galp.com/corp/en/media/press-releases/press-release/id/1490/final-investment-decision-on-green-hydrogen-and-hvosaf-projects>. [Últim accés: 19 4 2024].
- [15] «<https://cartagena.repsol.es/>,» [En línia]. Available: <https://cartagena.repsol.es/es/actualidad/parada-2021112/index.cshtml>. [Últim accés: 19 4 2024].

- [16] CEPSA, «<https://www.cepsa.com>,» 19 4 2024. [En línia]. Available: <https://www.cepsa.com/es/negocios/commercial-clean-energies/hidrogeno-verde/valle-andaluz>. [Últim accés: 19 4 2024].
- [17] P. Speers i V. L. (CENEX), «<https://www.youtube.com>,» CENEX, 29 6 2023. [En línia]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=L54LVenLBhc>. [Últim accés: 18 4 2024].
- [18] Frontier Economics, «Cimate protection and mobility an economic optimisation problem,» de *Cimate protection and mobility an economic optimisation problem (Baden-Baden Engine Congress 2020)* , Baden-Baden, 2020.
- [19] Volvo Trucks, «www.volvotrucks.es,» 7 Mayo 2023. [En línia]. Available: <https://www.volvotrucks.es/es-es/news/press-releases/2023/may/volvo-trucks-tests-hydrogen-powered-electric-trucks-on-public-roads.html>. [Últim accés: 14 Abril 2024].
- [20] Daimlertruck, «<https://www.daimlertruck.com>,» 26 9 2023. [En línia]. Available: <https://www.daimlertruck.com/en/newsroom/pressrelease/daimler-truck-hydrogenrecordrun-mercedes-benz-genh2-truck-cracks-1000-kilometer-mark-with-one-fill-of-liquid-hydrogen-52369346>. [Últim accés: 19 4 2024].
- [21] Toyota, «www.toyota.es,» 14 Abril 2024. [En línia]. Available: <https://www.toyota.es/coches/mirai>. [Últim accés: 14 Abril 2024].
- [22] EL País, «El País,» 03 06 2022. [En línia]. Available: <https://elpais.com/sociedad/2022-06-03/el-tren-del-hidrogeno-a-toda-maquina.html#>. [Últim accés: 15 04 2024].
- [23] Fly News, «Fly News,» 1 04 2024. [En línia]. Available: <https://fly-news.es/sostenibilidad/japon-quiere-liderar-los-aviones-de-hidrogeno/>. [Últim accés: 15 4 2024].

- [24] Rheonik, «<https://www.rheonik.com>,» 20 4 2024. [En línia]. Available: <https://www.rheonik.com/company/industries/renewable-energy/>. [Últim accés: 20 4 2024].
- [25] Rheonik, «<https://www.rheonik.com>,» 20 4 2024. [En línia]. Available: <https://www.rheonik.com/company/h2-filling-stations/>. [Últim accés: 20 4 2024].
- [26] Habonim, «<https://habonim.com>,» 20 4 2024. [En línia]. Available: https://habonim.com/wp-content/uploads/2023/04/Hydrogen-Processes-ver01_280822.pdf. [Últim accés: 20 4 2024].
- [27] Muetec, «<https://hydrogen.muetec-instruments.de>,» 20 4 2024. [En línia]. Available: <https://hydrogen.muetec-instruments.de/en/>. [Últim accés: 20 4 2024].
- [28] Iberfluid Instruments S.A., «<https://www.iberfluid.com>,» 20 4 2024. [En línia]. Available: <https://www.iberfluid.com/productos/aplicaciones/sector-del-hidrogeno>. [Últim accés: 20 4 2024].
- [29] Alterinver Wordpress, «<https://alterinver.wordpress.com>,» 28 4 2014. [En línia]. Available: <https://alterinver.wordpress.com/2014/05/28/eng-enagas-evolucion-desde-2008-y-necesidad-de-maximos-historicos/>. [Últim accés: 24 4 2024].
- [30] H2 Hidrógeno Verde, «<https://hidrogeno-verde.es>,» 19 4 2021. [En línia]. Available: <https://hidrogeno-verde.es/tecnologia-de-separacion-del-hidrogeno-del-gas-natural/>. [Últim accés: 25 4 2024].
- [31] R. Coetzer, «<https://www.linkedin.com>,» 31 5 2023. [En línia]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/eu-electricity-requirements-green-hydrogen-production-reinier-coetzer/>. [Últim accés: 19 4 2024].
- [32] Acciona, «<https://www.acciona.com>,» 19 4 2024. [En línia]. Available: https://www.acciona.com/es/proyectos/planta-fotovoltaica-de-amareleja/?_adin=02021864894. [Últim accés: 19 4 2024].

- [33] Generalitat de Catalunya (Departament de Territori i Sostenibilitat, Direcció General de Transport i Mobilitat), «<https://www.idescat.ca>,» 30 12 201. [En línia]. Available: <https://www.idescat.cat/serveis/biblioteca/docs/bib/pec/paae2016/gi09072016n74.pdf>. [Últim accés: 19 4 2024].
- [34] Vertex Bioenergy, «<https://www.vertexbioenergy.com>,» 21 4 2024. [En línia]. Available: <https://www.vertexbioenergy.com/sostenibilidad/cambio-climatico-ambiental>. [Últim accés: 2024 4 2024].
- [35] Swiss Info (SWI), «<https://www.swissinfo.ch>,» 20 4 2023. [En línia]. Available: <https://www.swissinfo.ch/spa/la-producci%C3%B3n-brasile%C3%B1a-de-ca%C3%B1a-de-az%C3%BAcar-creci%C3%B3n-un-5-4-en-%C3%BAltima-cosecha/48451894>. [Últim accés: 21 4 2024].
- [36] Exolum, «<https://exolum.com>,» 26 7 2022. [En línia]. Available: <https://exolum.com/wp-content/uploads/2022/08/GASOLEO-A-26072022.pdf>. [Últim accés: 21 4 2024].
- [37] COOSOL, «<https://coosol.es>,» 26 3 2022. [En línia]. Available: <https://coosol.es/como-es-la-produccion-aceite-girasol-espana/>. [Últim accés: 21 4 2024].
- [38] Gobierno de España, «<https://www.mapa.gob.es>,» 9 10 2023. [En línia]. Available: <https://www.mapa.gob.es/fr/prensa/ultimas-noticias/las-previsiones-de-producci%C3%B3n-de-aceite-de-oliva-en-espa%C3%B1a-se-sit%C3%BAan-en-765.300-toneladas-para-la-campa%C3%B1a-2023/24-un-15--m%C3%A1s-que-la-anterior-y-u/tcm:36-661246>. [Últim accés: 21 4 2024].
- [39] Exolum, «<https://exolum.com>,» 1 8 2015. [En línia]. Available: <https://exolum.com/wp-content/uploads/2022/03/FAME-MEZCLA-7VV-1.pdf>. [Últim accés: 21 4 2024].
- [40] E. M. Ruiz, «<https://programadetransporte.es>,» 17 5 2022. [En línia]. Available: <https://programadetransporte.es/cuanto-consume-un>

- camion/#Cuantos_litros_gasta_un_camion_a_los_100km. [Últim accés: 22 4 2024].
- [41] Dagartech , «<https://www.linkedin.com>,» 26 1 2024. [En línia]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/en-busca-de-combustibles-sostenibles-el-hvo-como-alternativa-cbndf/>. [Últim accés: 21 4 2024].
- [42] GALP, «<https://www.galp.com>,» 25 9 23. [En línia]. Available: <https://www.galp.com/corp/en/media/press-releases/press-release/id/1490/final-investment-decision-on-green-hydrogen-and-hvosaf-projects>. [Últim accés: 21 4 2024].
- [43] CEPSA, «<https://www.cepsa.com>,» 23 2 2024. [En línia]. Available: https://www.cepsa.com/es/prensa/cepsa-y-bio-oils-construyen-la-mayor-planta-de-biocombustibles-2g?_ga=2.48805934.929216405.1713710992-28129983.1686577969&_gl=1*1sm9qr1*_ga*MjgxMjk5ODMuMTY4NjU3Nzk2OQ..*_ga_RVS561ZG2S*MTcxMzcxMDk5Mi4yLjAuMTcxMzcxMDk5Mi42MC4. [Últim accés: 21 4 2024].
- [44] El Independiente, «<https://www.elindependiente.com>,» 26 3 2022. [En línia]. Available: <https://www.elindependiente.com/economia/2022/03/26/radiografia-del-camionero-espanol-50-anos-y-autonomos-ahogados-por-el-gasoil//economia/2022/03/26/radiografia-del-camionero-espanol-50-anos-y-autonomos-ahogados-por-el-gasoil/>. [Últim accés: 22 4 2024].
- [45] Instituto da Mobilidade e dos Transportes, «<https://www.imt-ip.pt>,» 11 2020. [En línia]. Available: https://www.imt-ip.pt/sites/IMTT/Portugues/IMTT/relatoriosectoriais/Documents/Anu%C3%A1rioEstat%C3%ADsticoMobilidadeTransportes_2019.pdf. [Últim accés: 22 4 2024].
- [46] Energía 12, «<https://energia12.com>,» 29 3 2012. [En línia]. Available: <https://energia12.com/2012/03/29/transformacion-por-pirolisis-obtencion-diesel-a-partir-de-residuos-plasticos-2a-parte/>. [Últim accés: 21 4 2024].

- [47] Efuel Alliance , «<https://www.efuel-alliance.eu>,» 2022. [En línia]. Available: <https://www.efuel-alliance.eu/efuels/what-are-efuels>. [Últim accés: 22 4 2024].
- [48] H. E. Toraman, «<https://espanol.libretexts.org>,» Pennsylvania State University e-Education Institute, [En línia]. Available: [https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Ingenier%C3%ADa_Biol%C3%B3gica/Combustibles_alternativos_a_partir_de_fuentes_de_biomasa_\(Toraman\)/08%3A_M%C3%A9todos_termoqu%C3%ADmicos_para_producir_biocombustibles/8.05%3A_Proceso_Fischer-Tropsch_para_generar_co](https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Ingenier%C3%ADa_Biol%C3%B3gica/Combustibles_alternativos_a_partir_de_fuentes_de_biomasa_(Toraman)/08%3A_M%C3%A9todos_termoqu%C3%ADmicos_para_producir_biocombustibles/8.05%3A_Proceso_Fischer-Tropsch_para_generar_co). [Últim accés: 22 4 2024].
- [49] PI&D Micromeritics, «<https://www.micromeritics.com/pidengtech/>,» 2024. [En línia]. Available: <https://www.micromeritics.com/pidengtech/>. [Últim accés: 22 4 2024].
- [50] Micromeritics, «<https://www.micromeritics.com>,» 2024. [En línia]. Available: <https://www.micromeritics.com/?s=catalyst>. [Últim accés: 22 4 2024].
- [51] El Economista, «<https://www.eleconomista.es>,» 1 12 2023. [En línia]. Available: <https://www.eleconomista.es/energia/noticias/12566447/12/23/cepsa-y-maersk-invertiran-1000-millones-en-la-mayor-planta-de-metanol-verde-de-europa.html>. [Últim accés: 22 4 2024].
- [52] Porsche, «<https://newsroom.porsche.com>,» 22 12 2022. [En línia]. Available: <https://newsroom.porsche.com/en/2022/company/porsche-highly-innovative-fuels-hif-opening-efuels-pilot-plant-haru-oni-chile-synthetic-fuels-30732.html>. [Últim accés: 22 4 2024].
- [53] Diario El Canal, «<https://www.diarioelcanal.com>,» 8 5 2023. [En línia]. Available: <https://www.diarioelcanal.com/repsol-petronor-planta-combustibles-sinteticos/>. [Últim accés: 25 4 2024].

- [54] Diari ARA, «<https://www.ara.cat>,» 4 4 2024. [En línia]. Available: https://www.ara.cat/medi-i-crisi-climatica/transicio-energetica/nomes-57-empreses-emeten-80-co2-global_1_4987548.html. [Últim accés: 22 4 2024].
- [55] Fluid Components International, «<https://www.fluidcomponents.com>,» 2024. [En línia]. Available: <https://www.fluidcomponents.com/fluid-mt100>. [Últim accés: 22 4 2024].
- [56] CEPSA, «<https://www.cepsa.com>,» 23 4 2024. [En línia]. Available: https://www.cepsa.com/stfls/CepsaCom/Gasoleos/Ficheros_gasoleos/FICHA%20TECNICA%20GASOLEO%20A.pdf. [Últim accés: 23 4 2024].
- [57] ROTH, «<https://www.carlroth.com>,» 4 3 2024. [En línia]. Available: <https://www.carlroth.com/medias/SDB-3475-ES-ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGRF0YXNoZWV0c3wyODg0Nzd8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfGgzZC9oZWYvOTE0NDQxNDIwODAzMC9TREJfMzQ3NV9FUy5wZGZ8NTI2ZjdjZmM4NGNkMjNkNzk0YzZlZmU0YzJjYjE0ODk4MWU4OGJmNTU0YmJlYjRlODIwMDI4MDc5>. [Últim accés: 23 4 2024].
- [58] Horizon Educational, «<https://www.horizoneducational.com>,» 23 4 2024. [En línia]. Available: <https://www.horizoneducational.com/what-s-the-molar-mass-of-hydrogen/t1496?currency=usd>. [Últim accés: 23 4 2024].
- [59] Khan Academy (1 mol = n° Avogadro de moléculas), «<https://es.khanacademy.org>,» 26 4 2024. [En línia]. Available: <https://es.khanacademy.org/science/ap-chemistry-beta/x2eef969c74e0d802:atomic-structure-and-properties/x2eef969c74e0d802:moles-and-molar-mass/v/the-mole-and-avogadro-s-number>. [Últim accés: 26 4 2024].
- [60] P. A. Colom, *Lead Systems Engineer at X1 Wind*, Barcelona, 2024.
- [61] Iberfluid Instruments, «<https://www.linkedin.com>,» Octubre 2023. [En línia]. Available: <https://www.linkedin.com/posts/iberfluid-instruments-s-a>

_la-semana-pasada-estuvimos-en-isoil-impianti-activity-7125764758993068032-1YVs/. [Últim accés: 23 4 2024].

- [62] ENERGIE+ MITTELSTAND / DAS MAGAZIN, *ENERGIE+ MITTELSTAND / DAS MAGAZIN*, p. 17, 3 2023.
- [63] Frontier Economics Mr. David Bothe, «Current (and future) Trends to defossilise Transport in Europe,» Bergamo, 2023.
- [64] Green H2 Energía Verde e Hidrógeno, «<https://www.linkedin.com>,» 3 4 2024. [En línia]. Available: https://www.linkedin.com/posts/greenh2-energ%C3%ADa-verde-e-hidr%C3%B3geno_marruecos-ofrece-300000-hect%C3%A1reas-de-terreno-activity-7179420669292527616-gbYU/?utm_source=share&utm_medium=member_ios. [Últim accés: 3 4 2024].
- [65] L. Tubiana, «<https://www.ara.cat>,» 13 4 2024. [En línia]. Available: https://www.ara.cat/opinio/financem-transicio-energetica_129_4995952.html. [Últim accés: 24 4 2024].
- [66] M. C. Designer, «<https://www.bing.com/images/create>,» 14 Abril 2024. [En línia]. Available: <https://www.bing.com/images/create>. [Últim accés: 14 Abril 2024].
- [67] J. Rifkin, *Ka economía del hidrógeno*, Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, S.A., 2002.
- [68] Centro Nacional del Hidrógeno, «<https://auto.cnh2.es>,» 14 Abril 2024. [En línia]. Available: <https://auto.cnh2.es/mapa-hidrogeneras/>. [Últim accés: 14 Abril 2024].
- [69] Parlamento Europeo, «<https://www.europarl.europa.eu/>,» 22 03 2019. [En línia]. Available: https://www.europarl.europa.eu/resources/library/images/20220602PHT32028/20220602PHT32028_original.jpg. [Últim accés: 18 04 2024].

- [70] In-Move by Rail Group (Cluster de Movilidad y Logística Multimodal), «<https://www.railgrup.net>,» 2 5 2019. [En línea]. Available: <https://www.railgrup.net>. [Últim accés: 18 4 2024].
- [71] REPSOL, «<https://www.repsol.com>,» 3 4 24. [En línea]. Available: <https://www.repsol.com/es/sala-prensa/notas-prensa/2024/repsol-comienza-produccion-gran-escala-combustibles-renovables-cartagena/index.cshtml>. [Últim accés: 21 4 2024].
- [72] M. Miodownik, Liquid. The Delightful and Dangerous Substances That Flow Through Our Lives, London: Penguin Books Ltd., 1018.
- [73] Wikipedia, «<https://es.wikipedia.org>,» 23 4 2024. [En línea]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Decano_\(qu%C3%ADmica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Decano_(qu%C3%ADmica)). [Últim accés: 23 4 2024].
- [74] Rubis Terminales Portuarias, «<https://www.rubis-terminal.com>,» 23 4 2024. [En línea]. Available: <https://www.rubis-terminal.com/terminal/barcelona-tepsa-barcelona/>. [Últim accés: 23 4 2024].
- [75] Exolum, 23 4 2024. [En línea]. Available: <https://exolum.com/>. [Últim accés: 23 4 2024].
- [76] Decal, «<https://decalesp.com/>,» 23 4 2024. [En línea]. Available: <https://decalesp.com/>. [Últim accés: 23 4 2024].
- [77] EVOS , «<https://evos.eu/>,» 23 4 2024. [En línea]. Available: <https://evos.eu/>. [Últim accés: 23 4 2024].