



GRADO EN COMERCIO

TRABAJO FIN DE GRADO

“Hidrógeno Verde y Biogás como alternativas energéticas en España”

RAÚL REPISO COBO

FACULTAD DE COMERCIO

VALLADOLID, julio 2023



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

GRADO EN COMERCIO

CURSO ACADÉMICO 2022-2023

TRABAJO FIN DE GRADO

“Hidrógeno Verde y Biogás como alternativas energéticas en España”

Trabajo presentado por: Raúl Repiso Cobo

Firma:

Tutor: Ángel Antonio de los Ríos Rodicio

Firma:

FACULTAD DE COMERCIO

Valladolid, julio 2023

ÍNDICE

1. Introducción	2
2. El Problema energético de España	4
2.1. Petróleo y gas natural	6
2.2. Vulnerabilidad a los precios internacionales de la energía	6
2.3. Consecuencias del problema energético.....	8
2.4. El problema Medioambiental	10
2.5. Políticas europeas para intentar revertir el problema medioambiental	12
2.5.1. Directiva sobre fuentes de energía renovables (DFER I): hacia 2020.....	12
2.5.2. Directiva sobre fuentes de energía renovables (DFER II/III/IV): hacia 2030	12
2.5.3. El Pacto Verde Europeo	13
2.5.4. El Plan REPowerEU.....	13
3. Futuras etapas	15
3.1. Red Transeuropea de Energía	15
3.2. Revisión de la Directiva sobre fiscalidad de la energía	15
4. Desarrollo de Energías Renovables	17
4.1. Marco general	17
4.2. Tipos de Energía Renovable	17
5. El hidrógeno como solución	20
5.1. Introducción.....	20
5.2. Desarrollo del hidrógeno verde en España.....	21
5.3. Producción del Hidrógeno verde.....	22
5.4. Aplicaciones y usos del hidrógeno verde.....	24
5.5. Beneficios y desafíos del hidrógeno verde en España	26
6. El Biogás	28
6.1. Definición de Biogás	28
6.2. Aplicaciones del Biogás	29
6.3. Desafíos del Biogás	30
6.4. Impacto ambiental	31
6.5. Perspectivas futuras y desarrollo del Biogás	31
7. Oportunidades empresariales del Biogás. Implicación de la empresa “1A INGENIEROS” en la implantación del hidrógeno verde en España	33
7.1. Historia 1A INGENIEROS S.L.	33
7.2. Crecimiento Sostenible	33
8. Entrevista a Ángel Casas (responsable del área de Energía Renovable de 1A INGENIEROS S.L)	38
9. Conclusiones	41
BIBLIOGRAFÍA	43

1. Introducción

En la actualidad, el problema energético es uno de los desafíos más importantes que enfrenta España. La dependencia de fuentes de energía no renovables, como el petróleo y el gas natural, ha generado una serie de consecuencias negativas que derivan tanto a nivel económico como ambiental. Esta situación se agrava debido a la vulnerabilidad de España a los precios internacionales de la energía, lo que ha llevado a oportunidades perdidas y a una creciente preocupación por la seguridad energética.

En este contexto, el problema medioambiental también juega un papel crucial. El uso masivo de combustibles fósiles ha contribuido al cambio climático y a la degradación del medio ambiente, lo que requiere la adopción de políticas y medidas para revertir esta situación. En respuesta a ello, la Unión Europea ha establecido directivas y políticas para fomentar el uso de fuentes de energía renovables y promover la transición hacia una economía baja en carbono.

En esta transición energética, se plantean futuras etapas y medidas para garantizar un suministro energético seguro y sostenible. La implementación de una Red Transeuropea de Energía y la revisión de la Directiva sobre fiscalidad de la energía son algunas de las propuestas para fortalecer el marco regulatorio y promover la eficiencia energética.

En cuanto al desarrollo de las energías renovables, se han identificado distintos tipos de fuentes de energía verde, como la solar, eólica, hidroeléctrica, biomasa, geotérmica, hidrógeno y biogás. Estas fuentes renovables ofrecen una alternativa viable y sostenible a los combustibles fósiles, contribuyendo a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero ya la mitigación del cambio climático.

Entre las soluciones prometedoras, destaca el hidrógeno como un vector energético y limpio. Su producción a partir de fuentes renovables, conocidas como hidrógeno verde, se presenta como una alternativa para la descarbonización de sectores clave como el transporte y la industria. España ha mostrado un interés creciente en el desarrollo del hidrógeno verde, y se han implementado políticas y proyectos para impulsar su producción y aplicaciones en el país.

Otro recurso energético renovable que ha ganado relevancia es el biogás, un gas producido a través de la destrucción de la materia orgánica. El biogás tiene diversas aplicaciones, como la generación de electricidad y calor, y su producción puede contribuir a la gestión de residuos ya la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Por último y para añadir valor a este trabajo, cuento con la información de 1A INGENIEROS S.L. empresa en la que actualmente trabajo, empresa concienciada en proteger el medioambiente y aportar soluciones que vayan en la línea de crear nuevas infraestructuras que permitan a nuestro país ser independientes energéticamente, para ello, cuento con la información proporcionada de una nueva Planta de generación de Biometano situada en Granollers de la que 1A es encargada de la Dirección facultativa

Ello me ha permitido finalizar mi trabajo entrevistando a Ángel Casas, responsable del departamento de Energía de la empresa para poder realizarle una serie de preguntas que encuentro interesantes para entender más sobre funcionamiento de esta planta y las alternativas que representa.

2. El Problema energético de España

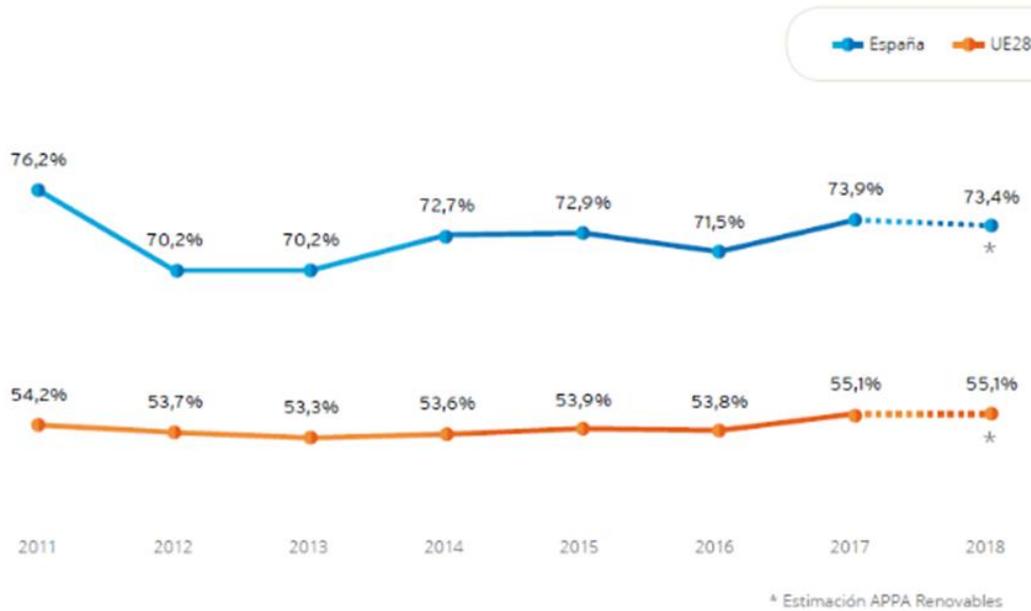
Las economías desarrolladas permiten un elevado nivel de bienestar a sus habitantes gracias a la disponibilidad de energía, resultando difícil imaginar qué ocurriría si de golpe esta se redujera y, en consecuencia, se encareciera. Por ello, todos los países tienen puestas en marcha políticas destinadas a asegurar un suministro abundante de energía y lograrlo al menor coste posible. Este problema es especialmente complejo para los países que no disponen de fuentes energéticas propias y deben recurrir a la importación, ya que eso les hace dependientes y, por tanto, vulnerables.

Este es el problema que tiene España hoy en día, su dependencia de energía del exterior (del Caz, 2022), que ronda el 70% como se muestra en el Gráfico 1, es decir, producimos menos de un tercio de la energía que consumimos, repercutiendo desfavorablemente en la economía del país, siendo vulnerable a los precios internacionales de la energía y a los cambios en el suministro.

Por otra parte, el uso intensivo de fuentes energéticas de origen fósil, incluso en la producción de electricidad donde es más fácil la sustitución de estos combustibles, ver gráfico 2, resulta un grave problema, ya que los gases de efecto invernadero que se ocasionan con su combustión, son uno de los principales responsables del calentamiento global. En consecuencia, se hace necesario avanzar en la transición hacia un sistema energético más sostenible y menos dependiente de los combustibles fósiles.

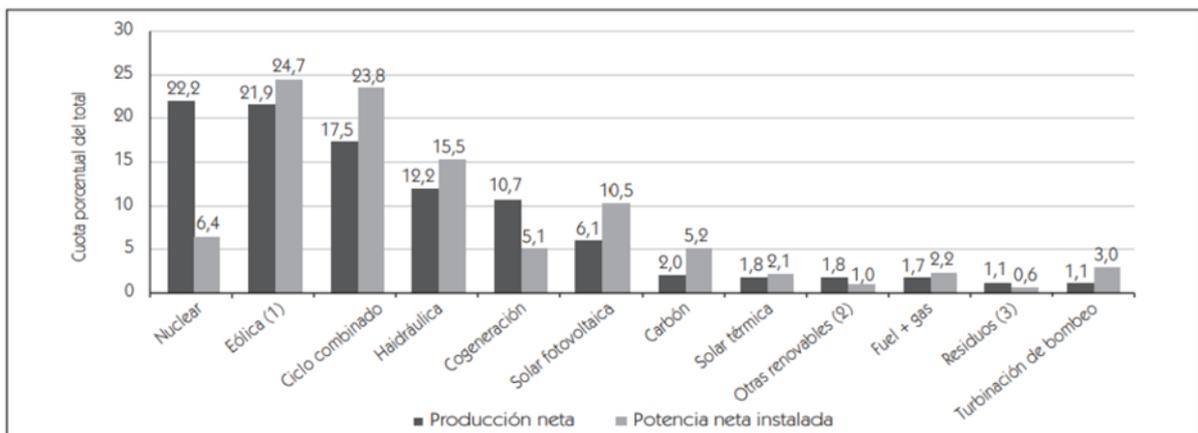
España ha progresado en la implementación de políticas y medidas para promover las energías renovables y la eficiencia energética, pero todavía enfrenta importantes desafíos en materia energética. En este contexto, es fundamental reflexionar sobre los retos y oportunidades que plantea la transición hacia un sistema energético más sostenible.

Gráfico 1. Porcentaje que representan las importaciones de energía respecto al consumo final de la misma en España y la UE 2



Fuente del Caz (2022)

Gráfico 2. Potencia instalada vs. Energía generada (2020)



Fuente: del Caz, G. (2022).

2.1. Petróleo y gas natural

Las principales reservas de petróleo y gas natural, que son las energías más usadas en la actualidad, se encuentran geográficamente bastante concentradas y, con la excepción de Estados Unidos, están distribuidas lejos de los países desarrollados que son los principales consumidores. Dando lugar al desequilibrio existente entre los países que consumen estas materias primas y donde se producen. En el caso de España, se depende en gran medida de las importaciones de petróleo y gas natural para satisfacer la demanda energética. De hecho, en 2020, el 70% de la energía consumida en España procedía de fuentes de energía fósil, siendo el petróleo y el gas natural las principales fuentes de energía utilizadas.

2.2. Vulnerabilidad a los precios internacionales de la energía

Al depender en gran medida de las importaciones, España se encuentra expuesta a los cambios en los precios internacionales del petróleo y el gas natural, lo que puede afectar negativamente a la economía del país. Así cuando los precios internacionales del petróleo o del gas natural aumentan, los costes de los sectores que utilizan la energía de este origen de forma intensiva crecen, dando lugar a una pérdida de competitividad de esos sectores, a la vez que se trasladan esos aumentos de costes al resto de los sectores que utilizan los bienes y servicios producidos por estos, de forma que se generan procesos inflacionarios, además de los problemas de balanza de pagos que el aumento del coste de las importaciones energéticas supone, teniendo en consecuencia un impacto muy negativo en la economía del país.

Por ejemplo, en 2018, el precio del *petróleo Brent* (referencia internacional para el petróleo) superó los 85 dólares por barril, lo que provocó un aumento significativo en los precios de la gasolina y el gasóleo en España. Esto afectó negativamente a los consumidores, especialmente a aquellos con bajos ingresos, que tuvieron que gastar más en combustible para sus vehículos y calefacción.

Actualmente acabamos de vivir algo similar, si bien el gobierno para paliar este efecto aprobó una bonificación de 20 céntimos por litro a todos los consumidores, por tanto, no tuvo en cuenta la renta, buscando así intentar paliar la subida generalizada de precios. En la actualidad, al bajar los precios en origen, esta actuación ya ha sido anulada.

Además, la dependencia de las importaciones de energía y la fluctuación de los precios internacionales pueden afectar a la competitividad de las empresas españolas, especialmente en sectores intensivos en energía como la industria manufacturera.

Por tanto, para reducir la vulnerabilidad a los precios de la energía, España está tratando de diversificar sus fuentes de energía y reducir su dependencia de los combustibles fósiles. Esto incluye el fomento de las energías renovables, la mejora de la eficiencia energética y la promoción de la innovación tecnológica en el sector energético.

Gráfico 3. Evolución de la dependencia energética exterior por países en Europa

Cuadro 1.11 GRADO DE DEPENDENCIA ENERGÉTICA EXTERIOR POR PAÍSES EN EUROPA. EVOLUCIÓN

% de dependencia	1990	2000	2010	2018	2019 (*)
Malta	100,0	100,2	99,0	97,5	97,2
Luxemburgo	99,5	99,6	97,0	95,2	95,1
Chipre	98,3	98,6	100,6	92,5	92,8
Italia	84,4	86,5	82,6	76,3	77,5
Bélgica	75,3	78,2	77,5	82,3	76,7
Lituania	71,4	57,8	79,0	73,9	75,2
España	62,7	76,8	77,1	73,5	75,0
Grecia	61,9	69,1	68,6	70,7	74,1
Portugal	83,6	85,3	75,2	75,6	73,8
Austria	68,8	65,5	62,8	64,2	71,7
Eslovaquia	77,1	65,1	64,4	63,7	69,8
Hungría	49,3	55,0	56,9	58,1	69,7
Irlanda	69,0	85,4	87,5	67,7	68,4
Alemania	46,5	59,4	60,0	63,4	67,6
Países Bajos	23,7	38,3	28,3	59,5	64,7
UE 28	44,0	46,5	52,6	55,7	57,9
Croacia	40,2	48,5	46,7	52,7	56,2
Eslovenia	45,9	51,9	49,3	51,2	52,1
Francia	52,2	51,2	48,7	46,8	47,6
Polonia	0,9	10,7	31,6	44,8	46,8
Letonia	89,0	61,0	45,5	44,3	44,0
Finlandia	61,0	55,5	48,9	44,9	42,1
Chequia	15,2	22,7	25,4	36,9	40,9
Dinamarca	45,6	-35,9	-16,0	23,0	38,8
Bulgaria	63,4	46,4	40,1	36,3	38,1
Reino Unido	2,3	-17,1	29,0	35,5	34,8
Rumanía	35,9	21,9	21,4	24,3	30,4
Suecia	38,2	39,3	38,0	29,1	30,2
Estonia	45,3	33,8	15,3	1,0	4,8
Otros países					
Turquía	53,3	65,4	70,7	73,8	83,2
Macedonia del N.	48,4	40,8	44,0	58,4	58,5
Serbia	30,9	13,9	33,5	34,6	35,6
Montenegro	:	:	26,4	31,1	32,9
Albania	6,4	45,8	28,9	21,1	31,5
Kosovo	:	27,1	24,6	29,3	30,5
Bosnia y Herzegovina	:	:	:	24,3	27,4
Islandia	33,0	30,6	13,9	19,1	16,1
Noruega	-435,9	-723,0	-515,0	-554,8	-575,3
Ucrania	47,6	43,1	31,6	:	:

(*) Países ordenados en sentido decreciente : sin datos
La dependencia energética se define como la relación entre las importaciones netas y el consumo de energía bruto. Valores superiores a 100 significan importaciones mayores que consumo bruto (la diferencia va a incrementar stocks). Valores negativos aparecen en países exportadores netos de energía.
Fuente: Eurostat y Foro Nuclear

Fuente: del Caz, G. (2022).

2.3. Consecuencias del problema energético

El problema energético en España tiene varias consecuencias importantes en diferentes ámbitos. Algunas de las más destacadas son:

2.3.1 Impacto económico

La dependencia de España de las importaciones de petróleo y gas natural tiene un impacto significativo en la economía del país, especialmente en lo que respecta a la balanza comercial y al gasto en importaciones de energía (Jiménez, 2021). Los precios volátiles del petróleo y el gas natural también pueden tener un efecto negativo en la economía del país. Acompañado a las alteraciones en el suministro al ser dependientes energéticamente y no poder controlar los plazos con los que el resto de los países los suministran estas energías acarreado inestabilidad y subidas de precios.

2.3.2 Impacto ambiental

El uso de combustibles fósiles en España tiene un impacto negativo en el medio ambiente y la salud pública, debido a las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes del aire, a los que deben añadirse. Smart Spain (2022)

- Contaminación del agua: la producción de energía a partir de combustibles fósiles también puede contaminar el agua, ya sea a través de la extracción de combustibles fósiles o de la liberación de residuos tóxicos.
- Impacto en la biodiversidad: la producción de energía a partir de combustibles fósiles puede tener un impacto negativo en la biodiversidad, ya que puede afectar los ecosistemas naturales y la fauna y flora que los habitan.
- Problemas de gestión de residuos: la producción de energía a partir de combustibles fósiles también puede generar grandes cantidades de residuos, que pueden ser difíciles de gestionar y pueden tener un impacto negativo en el medio ambiente

2.3.3 Vulnerabilidad energética

En nuestro país, nos enfrentamos a una alta dependencia tanto de los hidrocarburos (petróleo y gas) como de su importación. Como resultado, la economía española, como ya hemos señalado, se ve afectada por los cambios volátiles en los precios internacionales de estos recursos Isbell, P. (2006). Además, desde un punto de vista geopolítico, nuestra dependencia se concentra en países que no son completamente confiables ni en términos de suministro ni en sus políticas.

Las perspectivas futuras indican que el escenario energético se volverá aún más complejo a medio y largo plazo. Por lo tanto, es imperativo que España considere la diversificación de su matriz energética y la reducción de su dependencia de los hidrocarburos como una prioridad nacional. Esto nos permitirá enfrentar este desafío y asegurar un futuro energético más estable y sostenible.

2.3.4 Oportunidades perdidas

La falta de inversión en energías renovables y en mejorar la eficiencia energética, es decir producir más con menos energía, pueden limitar el potencial de España para desarrollar un sistema energético más sostenible y reducir su dependencia de los combustibles fósiles. Esto puede significar perder oportunidades en términos de empleo, innovación y crecimiento económico.

El problema energético en España tiene consecuencias significativas en la economía, el medio ambiente, la seguridad energética y el potencial de desarrollo sostenible del país. Por ello, es importante tomar medidas para avanzar en la transición hacia un sistema energético más sostenible y menos dependiente de los combustibles fósiles.

2.4 El problema Medioambiental

2.4.1 El cambio climático

España se encuentra entre los países que pueden verse más afectados por el cambio climático, al tener un importante sector agrícola, especialmente en lo referente a la exportación de frutas y verduras, y depender de un turismo de sol y playa, lo cual tiene diversas repercusiones. Una de las principales consecuencias, que ya se apuntan, es el aumento generalizado de los incendios forestales, que se han vuelto más frecuentes y más intensos, provocando graves daños a nuestros bosques y poniendo en riesgo la biodiversidad. Además, la disminución de las precipitaciones ha llevado a la desertificación de algunas áreas, afectando la disponibilidad de agua y los ecosistemas locales.

El aumento del nivel del mar es otro desafío importante que enfrenta España. Las zonas costeras se encuentran en riesgo de inundaciones y erosión costera debido al aumento de las mareas y las tormentas más intensas, lo que puede tener impactos significativos en las comunidades costeras, la infraestructura y los ecosistemas costeros.

Las temperaturas también están en aumento en toda España. Esto tiene consecuencias tanto en la salud de las personas como en la agricultura y la biodiversidad. Las olas de calor más frecuentes y prolongadas pueden tener efectos negativos en la salud de la población, especialmente en los grupos más vulnerables, como los ancianos y los niños. Además, el aumento de las temperaturas puede alterar los patrones de cultivo y afectar la productividad agrícola.

2.4.2 La contaminación del aire

La contaminación del aire es un problema grave en España, especialmente en ciudades como Madrid y Barcelona. El tráfico rodado y la actividad industrial son las principales fuentes de contaminantes atmosféricos, como los óxidos de nitrógeno y las partículas en suspensión. Estos contaminantes pueden formar capas de polución que cubren estas ciudades, afectando la calidad del aire y la salud de las personas que viven en ellas.

La exposición a altos niveles de contaminación del aire puede tener efectos perjudiciales en la salud, especialmente en el sistema respiratorio y cardiovascular. Las partículas finas y los gases contaminantes pueden causar o agravar enfermedades respiratorias, como el asma y la bronquitis, y aumentar el riesgo de enfermedades cardiovasculares.

Para abordar este problema, se están implementando medidas para reducir las emisiones de los vehículos y promover el uso de medios de transporte más limpios, como el transporte público y la movilidad sostenible. También se están tomando acciones para controlar las emisiones industriales y promover la transición hacia fuentes de energía más limpias y renovables.

2.4.3 Escasez de agua

La escasez de agua es un desafío importante en España, especialmente en el sur del país, donde su clima mediterráneo, lo hace sufrir largos períodos de sequía. La sobreexplotación de los acuíferos es una de las principales causas de este problema, ya que se extrae agua subterránea a un ritmo superior a su capacidad de recarga. Esto ha llevado a una disminución de los niveles de agua subterránea y a la reducción de los caudales de los ríos.

La falta de agua tiene implicaciones tanto para el suministro de agua potable como para la agricultura y los ecosistemas acuáticos, esta escasez de agua afectar el abastecimiento de agua para uso doméstico, industrial y agrícola, lo que requiere la implementación de medidas de gestión del agua, como el uso eficiente y la reutilización de agua.

Además, la escasez de agua también puede tener impactos negativos en los ecosistemas acuáticos, como los ríos y los humedales, que dependen de un suministro adecuado de agua para mantener su biodiversidad y funciones ecológicas.

Para abordar este desafío, se están implementando estrategias de gestión del agua que promueven el uso eficiente del agua, la conservación de los recursos hídricos, la reutilización de agua y la búsqueda de fuentes alternativas de agua, como la desalación y la captación de agua de lluvia. También se están promoviendo prácticas agrícolas sostenibles que reducen la demanda de agua y protegen los ecosistemas acuáticos. Eden Springs (2019) y Eumpt (2022)

2.5 Políticas europeas para intentar revertir el problema medioambiental

La Unión Europea ha decidido liderar la lucha contra las emisiones, poniendo en marcha un ambicioso programa legislativo.

2.5.1. Directiva sobre fuentes de energía renovables (DFER I): hacia 2020

La Directiva 2009/28/CE, adoptada en codecisión el 23 de abril de 2009, reemplazó a las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE, abordando el uso de fuentes de energía renovable en la Unión Europea. Dicha Directiva estipulaba que, para el año 2020, al menos un 20 % del consumo total de energía en la Unión Europea debía proceder de fuentes renovables.

Además, se estableció un requisito específico para todos los Estados miembros, quienes debían asegurar que un mínimo del 10 % de la energía utilizada en el transporte fuera de origen renovable.

La normativa también contemplaba diversos mecanismos para que los Estados miembros alcanzaran sus respectivos objetivos. Entre ellos, sistemas de apoyo, garantías de origen, proyectos colaborativos y cooperación con terceros países. También se incluyeron criterios medioambientales para los biocarburantes.

En 2020, la Directiva ratificó los objetivos existentes en energías renovables para cada país. Estos objetivos se adaptaban a las circunstancias particulares de cada nación y su potencial global en energías renovables. Como resultado, las metas oscilaron desde un 10 % en Malta hasta un 49 % en Suecia.

Cada país miembro de la Unión Europea tenía la libertad de decidir cómo cumplir con su objetivo individual y establecía un plan de acción nacional sobre energías renovables para guiar sus esfuerzos. Se evaluaba el progreso hacia los objetivos nacionales cada dos años, mediante la publicación de informes de situación nacionales sobre energías renovables.

2.5.2. Directiva sobre fuentes de energía renovables (DFER II/III/IV): hacia 2030

En julio de 2021, la Comisión Europea realizó una propuesta para modificar la Directiva sobre energía renovable (DFER II) para aumentar el objetivo vinculante de fuentes renovables a 40% para 2030.

En mayo de 2022, la Comisión presentó otra modificación (DFER III) para acelerar la transición hacia energía limpia y reducir dependencia de combustibles fósiles rusos. Se incluyeron bombas de calor y más energía solar. El 9 de noviembre de 2022, la Comisión presentó una nueva modificación (DFER IV) para agilizar el despliegue de energía renovable. La versión revisada de la Directiva (UE) 2018/2001 entró en vigor en diciembre de 2018 con un objetivo vinculante de 32% de energía renovable para 2030, y un 14% en combustibles renovables en transporte.

Los objetivos nacionales para 2020 serán la contribución mínima de cada Estado miembro para 2030. Se presentarán planes de energía y clima cada diez años en el programa Horizonte 2030, evaluados por la Comisión.

2.5.3. El Pacto Verde Europeo

El 11 de diciembre de 2019, la Comisión comunicó su compromiso sobre el Pacto Verde Europeo. Este pacto tiene como objetivo principal abordar los desafíos del cambio climático y la sostenibilidad ambiental, al tiempo que impulsa el crecimiento económico y la creación de empleo en el contexto de una economía circular y baja en carbono.

Este enfoque integral abarca diversas áreas, como la transición energética, la eficiencia energética, la movilidad sostenible, la agricultura y la biodiversidad, entre otros. El objetivo es lograr un equilibrio entre el desarrollo económico y la protección del medio ambiente, promoviendo la innovación, la inversión en tecnologías limpias y la adopción de prácticas sostenibles en todos los sectores.

El Pacto Verde Europeo es un plan ambicioso que requiere la colaboración de los Estados miembros, las instituciones europeas, el sector privado y la sociedad civil. Se basa en la premisa de que la acción colectiva y la cooperación internacional son esenciales para abordar los desafíos ambientales y construir un futuro sostenible para las generaciones venideras.

2.5.4. El Plan REPowerEU

El 18 de mayo de 2022, como consecuencia de la invasión rusa de Ucrania, se realizó una modificación legislativa en materia de energía, que incluyó la revisión de la Directiva sobre eficiencia energética. Esta modificación se llevó a cabo a través del plan REPowerEU, con el objetivo de eliminar gradualmente la dependencia de los

combustibles fósiles rusos. En esta nueva modificación se propuso aumentar el objetivo vinculante de la cuota de energías renovables en la combinación energética de la Unión Europea al 45 % para el año 2030. Además, se planteó la armonización de todos los objetivos secundarios con las nuevas ambiciones de REPowerEU, con foco en los siguientes aspectos:

- Obligación progresiva de instalar paneles solares en nuevas construcciones
- Establecimiento de un objetivo de producción nacional e importaciones de hidrógeno renovable de 10 millones de toneladas para 2030.
- Duplicación de la tasa actual de implementación de bombas de calor en edificios.
- Establecimiento de un objetivo para los combustibles renovables de origen no biológico (75 % para la industria y 5 % para el transporte).
- Incremento de la producción de biometano a 35 000 millones de metros cúbicos para 2030.

Estas medidas buscan impulsar la transición hacia una matriz energética más sostenible y reducir la dependencia de los combustibles fósiles, promoviendo el uso de energías renovables y tecnologías limpias en diferentes sectores de la economía. El plan REPowerEU busca garantizar la seguridad energética, proteger el medio ambiente y promover el desarrollo económico sostenible en el contexto económico marcado por la invasión de Ucrania.

3. Futuras etapas

3.1. Red Transeuropea de Energía

En junio de 2021, la Comisión Europea presentó una ambiciosa iniciativa para acelerar la transición hacia una matriz energética más sostenible y unificada en toda Europa. Esta propuesta tiene como objetivo conectar regiones actualmente aisladas de los mercados energéticos, impulsando el uso significativo de energías renovables en el sistema energético del continente.

El Parlamento Europeo, en diciembre de 2021, aprobó una Resolución para revisar y actualizar las orientaciones de la Red Transeuropea de Energía (RTE-E), adaptándolas a las políticas climáticas de la Unión Europea. Las normas originales han experimentado diversas modificaciones a lo largo del tiempo, y esta revisión busca establecer directrices claras para la infraestructura energética transeuropea.

Estas acciones demuestran el fuerte compromiso de la Unión Europea en promover una transición energética sostenible, mejorar la integración y eficiencia de los mercados energéticos y combatir el cambio climático. La revisión de las normas y orientaciones tiene como objetivo impulsar la expansión de las energías renovables, fomentar la interconexión de las regiones y garantizar una infraestructura energética sólida y adaptable a los desafíos actuales y futuros. Esta iniciativa busca posicionar a Europa como un líder en la lucha contra el cambio climático y avanzar hacia una economía más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

3.2. Revisión de la Directiva sobre fiscalidad de la energía

En septiembre de 2021, la Comisión Europea anunció una propuesta ambiciosa para revisar la Directiva sobre fiscalidad de la energía (Directiva 2003/96). El objetivo central de esta iniciativa es transformar radicalmente el sistema fiscal relacionado con la energía y adaptarlo a los retos y prioridades actuales de sostenibilidad y cambio climático en la Unión Europea.

La propuesta se centra en dos pilares fundamentales: en primer lugar, eliminar gradualmente las exenciones fiscales que actualmente benefician a los combustibles fósiles, fomentando así la transición hacia energías más limpias y sostenibles. En segundo lugar, se busca establecer incentivos fiscales significativos para promover el uso

de energías renovables, la eficiencia energética y la adopción de tecnologías limpias en todos los sectores económicos.

El objetivo final es construir un marco fiscal coherente que impulse de manera efectiva el cambio hacia una economía baja en carbono y reduzca las emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, se reconoce que esta revisión enfrentará desafíos políticos significativos, ya que algunos grupos que actualmente se benefician de las exenciones fiscales se opondrán a su eliminación.

La Comisión Europea ha destacado la importancia de abordar esta cuestión con transparencia y diálogo, involucrando a todos los actores relevantes para alcanzar un consenso en beneficio del interés común. La revisión de la Directiva sobre fiscalidad de la energía es un paso crucial para alinear las políticas fiscales con los ambiciosos objetivos climáticos de la Unión Europea y avanzar hacia una economía más verde, resiliente y sostenible para las futuras generaciones. Ciucci, M. (2023)

4. Desarrollo de Energías Renovables

4.1. Marco general

Las energías renovables son recursos que están libres de contaminación al medio ambiente y sus reservas son prácticamente inagotables debido a que se obtienen de fuentes naturales que tienen la capacidad de regenerarse de manera natural.

El carácter de esta energía contribuye a disminuir la dependencia de nuestro país de los suministros externos, reduciendo así el riesgo de abastecimiento, su impulso además favorece la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías y la creación de empleo en nuestro país.

4.2 Tipos de Energía Renovable

Biocarburantes: Principal fuente de energía renovable utilizada para el transporte en España contribuyendo así a ser una de las que mayores ahorros de emisiones de gases de efecto invernadero genera

Biomasa: El aprovechamiento de esta energía principalmente es de calefacción y agua caliente, gran generadora de empleos en zonas rurales además de reducir el riesgo de incendios.

Eólica: Energía cinética generada por la fuerza del viento por medio de los aerogeneradores.

Esta energía ha conseguido uno de los mayores logros dentro de las energías renovables, al conseguir una reducción de costes del 66% en los últimos 7 años, posicionándose como competitiva frente a las fuentes fósiles.

Geotermia de Alta Entalpía: Energía que se almacena en forma de calor que se encuentra bajo la superficie de la Tierra, sus funciones son la producción de calor y la generación de electricidad. Necesaria de unas determinadas condiciones de presión y alta temperatura.

Geotermia de Baja Entalpía: Al igual que la anterior, se encuentra bajo la superficie de la Tierra, pero al encontrarse a menores temperaturas hace que se pueda utilizar para la climatización y el uso del agua caliente.

Marina: La energía marina es la procedente de los océanos a través de olas, mareas, corrientes o de las diferencias de temperatura entre la superficie y el fondo marino

Minieólica: Energía eólica cuya particularidad es la utilización de aerogeneradores de potencia inferior a los 100 kW además de contar un área de barrido que no supere los 200m²

Hidráulica: Está energía es la proporcionada por el agua que a su paso mueve una turbina cuyo movimiento se transfiere a un generador de electricidad

Solar Fotovoltaica: Esta energía supone la transformación directa de la radiación solar en electricidad a través de los llamados paneles solares que son orientados hacia el sol

Solar Térmica: Energía que aprovecha el calor emitido por el sol utilizando principalmente para abastecer las diferentes demandas térmicas existentes en sectores como la edificación, el industrial y agropecuario.

Solar termoelectrónica: Energía generada a través de espejos y dispositivos de seguimiento para concentrar la radiación en una superficie reducida, utilizando normalmente una turbina para transformar el calor en energía eléctrica.

Biogás: Energía renovable obtenida a partir de los desechos orgánicos de industrias como la alimentaria, la agrícola o la ganadera.

Al final de este proyecto explicaré el diseño y funcionamiento de una planta de Biogás realizada por la empresa 1A Ingenieros S.L.

Hidrógeno verde: Es energía basada en la generación de hidrógeno a través de un proceso químico conocido como electrólisis. Este método utiliza la corriente eléctrica para separar el hidrógeno del oxígeno que hay en el agua, si esa electricidad se obtiene de fuentes renovables, como por ejemplo placas fotovoltaicas, produciremos energía sin emitir CO₂ a la atmósfera. Mantilla, K. G. (2021)

En los siguientes puntos desarrollaré en profundidad este tipo de energía renovable.

5. El hidrógeno como solución

Aunque hay muchos usos energéticos donde la electricidad puede ser utilizada de manera muy eficiente, hay otros como los combustibles o la producción de calor a altas temperaturas donde esto no resulta aún posible, por las limitaciones que imponen, en la actualidad las baterías, es decir su forma de almacenamiento. Por ello es necesario encontrar alternativas a los combustibles fósiles en estos usos. Quizá el que más esperanzas concita en la actualidad es el hidrógeno verde, el obtenido mediante electricidad de fuentes renovables, de él nos ocupamos a continuación.

Esta energía limpia facilitará el acoplamiento entre sectores y el encaje entre la producción y su demanda de energía, pudiendo derivar dicha energía a través de un vector energético común al sector que más lo demande en cada momento de tiempo, consiguiendo así un aprovechamiento eficaz e integral de todas las infraestructuras energéticas existentes. Gracias al hidrógeno se conseguirá canalizar grandes cantidades de energías renovables alcanzando sectores cuya descarbonización sería prácticamente imposible de otra forma.

Es llave fundamental para fortalecer la independencia energética nacional, debido a que puede ser producido a través de diferentes fuentes renovables de energía, y a través de distintos procesos cada región puede producirlo localmente con los recursos que tenga disponibles.

5.1. Introducción

El auge del hidrógeno como solución energética sostenible y respetuosa con el medio ambiente es innegable. La tecnología de electrólisis, que separa el hidrógeno del oxígeno en el agua mediante electricidad, ha sido clave en su producción. Sin embargo, los altos costos de electricidad y la necesidad de grandes cantidades de energía, en su mayoría proveniente de combustibles fósiles, han limitado su viabilidad como combustible.

No obstante, el panorama está cambiando con el crecimiento de la producción de energía renovable, cuyos precios se reducen progresivamente. Esto plantea un futuro prometedor para el hidrógeno verde, ya que las plantas de electrólisis pueden ubicarse

en regiones con abundancia de agua y sol, generando un combustible competitivo y versátil.

El aumento de la concienciación sobre el cambio climático ha impulsado el interés en estas energías emergentes, y el hidrógeno verde ha experimentado un notable crecimiento tanto en España como en otras partes del mundo. Su versatilidad y emisión cero lo convierten en una opción atractiva para diversos sectores.

En España, el hidrógeno verde desempeña un papel fundamental en la estrategia de transición energética hacia un sistema más sostenible y libre de carbono. El país cuenta con recursos naturales y una ubicación geográfica estratégica que le brindan un alto potencial para generar energía renovable y exportar hidrógeno verde a nivel internacional.

La apuesta por el hidrógeno verde representa un paso crucial hacia un futuro más limpio y respetuoso con el medio ambiente, abriendo la puerta a un sistema energético más sostenible y una economía descarbonizada. Iberdrola (2023)

5.2. Desarrollo del hidrógeno verde en España

- *Recursos naturales y condiciones favorables en España para la producción de hidrógeno verde*

Nuestro país cuenta con una abundante disponibilidad de recursos naturales para la producción de esta energía, principalmente solar y eólica. Estas fuentes de energía limpia y renovable son fundamentales para impulsar la producción de hidrógeno verde a través de la electrólisis del agua.

- *Iniciativas y políticas gubernamentales para promover el hidrógeno verde en España*

El Gobierno de España ha reconocido el potencial del hidrógeno verde y ha establecido una serie de iniciativas y políticas para fomentar su desarrollo. La hoja de ruta del hidrógeno verde, presentada en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima,

establece los objetivos y medidas para impulsar la producción, el uso y la investigación en torno al hidrógeno verde en el país.

Además, se han establecido programas de financiamiento y subvenciones para apoyar proyectos de hidrógeno verde, así como incentivos fiscales y regulaciones favorables para promover su adopción en diferentes sectores de la economía.

- *Colaboraciones y alianzas público-privadas para impulsar la investigación y desarrollo del hidrógeno verde*

El desarrollo del hidrógeno verde en España se ha beneficiado de la colaboración entre el sector público y privado. Existen alianzas estratégicas entre empresas energéticas, fabricantes de equipos, universidades y centros de investigación para avanzar en la tecnología del hidrógeno verde, compartir conocimientos y promover la innovación.

Además, se han establecido plataformas y clústeres tecnológicos especializados en hidrógeno verde, que actúan como espacios de colaboración y facilitan la transferencia de tecnología y el intercambio de buenas prácticas entre los diferentes actores involucrados.

En Castilla y León la principal asociación encargada de potenciar el hidrógeno verde es H2CyL. H2CYL. (2023)

5.3. Producción del Hidrógeno verde

5.3.1. La Electrólisis

La producción del hidrógeno verde se basa principalmente en el método conocido como la electrólisis del agua. Este proceso consiste en la descomposición del agua en sus componentes básicos, hidrógeno y oxígeno, mediante el uso de la electricidad. Para que este proceso sea considerado “verde” se debe generar esa electricidad mediante fuentes de energía renovables como puede ser la energía solar o la eólica.

Existen diferentes tipos de Electrólisis en la producción del hidrógeno verde:

- Electrólisis alcalina: Es la más común y más utilizada en el que su proceso consiste en descomponer el agua en hidrógeno y oxígeno mediante una solución alcalina como electrolito.
- Electrólisis de membrana de intercambio de protones (PEM): Es una tecnología que utiliza una membrana sólida para separar los gases y así conseguir una mayor eficiencia en la producción del hidrógeno

5.3.2. Proyectos y plantas de producción de hidrógeno verde

En España, este tipo de energía se encuentra en fase de implantación por lo que en la actualidad son escasos los proyectos de este tipo, los dos proyectos más importantes hasta el momento son:

- El proyecto Green Hyland en Mallorca, su objetivo es convertir a la isla en sostenible e independiente en términos energéticos, utilizando la energía fotovoltaica para alimentar un electrolizador y producir hidrógeno verde. Este hidrógeno se utilizará en aplicaciones de movilidad, transporte y generación de energía.
- Planta de Hidrógeno verde de Puertollano, situada en Castilla La Mancha. Esta planta, operada actualmente por la empresa Repsol, cuenta con una capacidad de 10MW. La energía que genera esta planta es utilizada como materia prima en la refinería que Repsol tiene en esa ciudad.

Además de estos proyectos piloto, se están desarrollando otras plantas de producción de hidrógeno verde a mayor escala en diferentes partes del país. Estas plantas se centran en la producción de hidrógeno verde para su uso en la industria química, el sector del transporte y la generación de energía. Green Hysland (2023).

5.3.3. Potencial de producción y capacidad de exportación de hidrógeno verde en España

España cuenta con un potencial para la producción de esta energía principalmente por su capacidad para generar energía renovable.

La ubicación geográfica de nuestro país, hace que sea punto estratégico para la exportación de hidrógeno verde a otros países. En la actualidad, se están planificando rutas marítimas e infraestructuras para facilitar el transporte y la distribución del hidrógeno a través de buques y sistemas de almacenamiento adecuados.

5.4. Aplicaciones y usos del hidrógeno verde

a. Sectores de la economía potenciales para el uso del hidrógeno verde: transporte, industria y generación de energía.

El hidrógeno verde ofrece numerosas aplicaciones y usos en diversos sectores de la economía, ya que es una fuente de energía versátil y libre de emisiones. Algunos de los sectores que pueden deteriorarse del uso del hidrógeno verde incluyen:

- Transporte: El hidrógeno verde puede utilizarse como combustible para los vehículos a motor, ofreciendo así una alternativa limpia a los vehículos de combustión interna. Los automóviles, camiones, autobuses y trenes impulsados por hidrógeno verde tienen cero emisiones, en realidad emiten vapor de agua, y pueden ayudar a reducir la dependencia de los combustibles fósiles en el sector del transporte
- Industria: La energía limpia puede ser utilizada en procesos industriales, reemplazando combustibles fósiles y reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero.

En una industria concreta como es la producción de acero, el hidrógeno puede ser utilizado para reemplazar el coque de carbón en los altos hornos, reduciendo significativamente las emisiones de dióxido de carbono.

- Generación de energía: El hidrógeno verde puede ser utilizado para generar electricidad en sistemas de generación de energía de respaldo o estacionarios. Los generadores de energía pueden basarse en pilas de combustible para convertir el hidrógeno en electricidad y calor de manera eficiente y sin emisiones. Además, el hidrógeno verde puede ser almacenado y utilizado para cubrir la

demanda energética en momentos de alta demanda o cuando la energía renovable no está disponible.

En España, se han llevado a cabo varios proyectos piloto y se han logrado casos de éxito en la implementación del hidrógeno verde en diferentes sectores. Algunos ejemplos destacados:

Movilidad: El proyecto Zem2All en la ciudad de Málaga fue un proyecto pionero que involucró la introducción de una flota de vehículos de hidrógeno en el transporte público. La flota incluyó autobuses, taxis y vehículos de uso compartido, y aumentó la viabilidad y eficiencia de los vehículos de hidrógeno en el transporte urbano.

Industria: La empresa química Fertiberia ha implementado un proyecto de hidrógeno verde en su planta de Puertollano, donde utiliza el hidrógeno producido mediante electrólisis para fabricar amoníaco. Este proyecto demuestra el potencial de reemplazo del hidrógeno producido a partir de combustibles fósiles en la industria química por hidrógeno verde, lo que reduce las emisiones y la dependencia de los combustibles fósiles.

Generación de energía: El proyecto Green Power for a Green Gas Grid (G4G) en la isla de Tenerife tiene como objetivo integrar el hidrógeno verde en la red de gas existente. Se utiliza energía solar.

5.5. Beneficios y desafíos del hidrógeno verde en España

a. Beneficios del hidrógeno verde

El hidrógeno verde ofrece una serie de beneficios significativos en el contexto de la transición energética y la descarbonización de la economía en España. Algunos de los principales beneficios incluyen:

- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero: El hidrógeno verde es una fuente de energía libre de emisiones de carbono. Su producción y uso no genera gases de efecto invernadero, lo que contribuye a la reducción de las emisiones y al combate del cambio climático.
- Aumento de la seguridad energética: La producción de hidrógeno verde utilizando fuentes renovables reduce la dependencia de los combustibles fósiles importados. Esto fortalece la seguridad energética del país al diversificar sus fuentes de energía y disminuir la vulnerabilidad a las fluctuaciones de precios y los conflictos geopolíticos.
- Impulso a la economía y creación de empleo: La transición hacia una economía basada en el hidrógeno verde puede generar oportunidades económicas significativas. La producción, distribución y aplicación del hidrógeno verde requiere inversiones en infraestructuras, tecnologías y proyectos de investigación y desarrollo, lo que impulsa la creación de empleo y el crecimiento económico en sectores relacionados.
- Mejora de la calidad del aire: El uso de hidrógeno verde en el transporte y la industria ayuda a reducir la contaminación del aire, ya que no emite partículas finas, óxido de nitrógeno u otros contaminantes asociados con los combustibles fósiles. Esto tiene un impacto positivo en la calidad del aire y en la salud de las personas.

b. Desafíos y barreras para el uso del hidrógeno verde

A pesar de los beneficios, el uso del hidrógeno verde en España también enfrenta una serie de desafíos y barreras.

Uno de ellos es que la producción de hidrógeno verde sigue siendo más costosa en comparación con los combustibles fósiles tradicionales. Los costos asociados con la electrólisis del agua, el almacenamiento y la infraestructura son altos en la etapa inicial. Sin embargo, se espera que los costes disminuyan a medida que la tecnología avance y se logren economías de escala.

Otra de las posibles “barreras” sería la implementación del hidrógeno verde requiere una infraestructura adecuada, incluyendo electrolizadores, estaciones de carga, tuberías y sistemas de almacenamiento. La falta de una infraestructura suficiente es un desafío importante para la expansión del hidrógeno verde, especialmente en el transporte y la distribución a gran escala.

La producción de hidrógeno verde depende de la disponibilidad de energía renovable, como la solar y la eólica. La modificación y la intermitencia de estas fuentes de energía pueden plantear desafíos en la producción continua de hidrógeno verde. Es necesario desarrollar tecnologías de almacenamiento y sistemas de gestión de energía para superar esta barrera.

La implementación exitosa del hidrógeno verde requiere un marco regulatorio y políticas de apoyo claras y consistentes. Es necesario establecer incentivos, normativas y mecanismos de financiamiento que impulsen la inversión y la adopción del hidrógeno verde. La estabilidad política y la colaboración entre el sector público y privado son fundamentales para superar los obstáculos regulatorios.

Con el apoyo adecuado, la superación de estos desafíos y la continua investigación y desarrollo, el hidrógeno verde puede desempeñar un papel crucial en la descarbonización de la economía y la mitigación del cambio climático. Baxi. (s.f.)

6.El Biogás

Otra de las fuentes de origen renovable que contribuirán al logro de la reducción real de las emisiones de gases de efecto invernadero, es el biogás, que como vamos a ver es un buen sustitutivo de los combustibles fósiles, en usos donde la electricidad difícilmente puede llegar como en la producción de esta.

6.1. Definición de Biogás

El biogás es un gas combustible generado mediante el proceso de descomposición anaeróbica de desechos orgánicos. Esta descomposición es llevada a cabo por bacterias que descomponen la materia orgánica, lo que permite la producción de biocombustible a partir de residuos biodegradables. El biogás está compuesto principalmente por metano y dióxido de carbono, aunque también puede contener otros gases como nitrógeno, oxígeno, sulfuro de hidrógeno y vapor de agua. La producción de biogás se realiza en dispositivos conocidos como biodigestores, los cuales permiten la descomposición de la materia orgánica en un entorno sin oxígeno. Este proceso de generación de biogás se lleva a cabo utilizando los desechos orgánicos de industrias como la alimentaria, agrícola o ganadera. El biogás es considerado un recurso renovable que contribuye a la reducción de residuos y a la producción de energía sostenible. Pérez Porto, J., & Gardey, A. (2016)

La composición del biogás puede variar dependiendo de los materiales empleados en la digestión y la tecnología utilizada para el proceso. Sin embargo, en general, el biogás está compuesto principalmente por metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂), en proporciones que oscilan entre un 50% y un 70% de metano y entre un 30% y un 45% de dióxido de carbono. Además, el biogás puede contener pequeñas proporciones de otros gases considerados impurezas, como nitrógeno, oxígeno, sulfuro de hidrógeno y vapor de agua. REPSOL (2023)

6.2. Aplicaciones del Biogás

El biogás es una fuente de energía versátil que ofrece diversas aplicaciones en diferentes sectores.

Una de las principales aplicaciones del biogás es la generación de energía eléctrica. Para ello, el biogás puede ser utilizado en motores de combustión interna o turbinas de gas, que convierten la energía química del gas en energía mecánica y, posteriormente, en electricidad. Esta electricidad puede ser utilizada para el autoconsumo en instalaciones donde se produce el biogás, como granjas o plantas de tratamiento de residuos, o puede ser vendida a la red eléctrica, contribuyendo así a la generación de energía renovable a nivel local o regional.

Otra aplicación del biogás es la generación de energía térmica, esto se puede producir mediante la combustión del biogás en calderas o sistemas de cogeneración, se puede obtener calor que puede ser utilizado para calefacción en edificios, agua caliente sanitaria o procesos industriales. Esta aplicación es especialmente relevante en sectores que requieren grandes cantidades de energía térmica, como la industria alimentaria o la producción de calor para sistemas de calefacción urbana.

Además de la generación de energía, el biogás también puede ser sometido a un proceso de purificación para obtener biometano. El biometano es un gas de alta calidad y pureza similar al gas natural, lo que lo convierte en un sustituto viable para su uso como combustible en vehículos o para inyectar directamente en la red de gas natural. Contribuyendo así a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector del transporte, al sustituir los combustibles fósiles por una fuente de energía renovable y más limpia.

Por último, el proceso de digestión anaerobia del biogás también genera un residuo sólido llamado digestato. El digestato es un fertilizante orgánico rico en nutrientes que se puede utilizar en la agricultura. Al utilizar el digestato como fertilizante, se cierra el ciclo de nutrientes y se aprovechan los beneficios del biogás no solo en términos de energía, sino también en la mejora de la fertilidad del suelo y la reducción del uso de fertilizantes químicos.

6.3. Desafíos del Biogás

Aunque la mayoría de los materiales orgánicos son aptos para la producción de biogás, algunos residuos como la madera o residuos leñosos contienen lignina, un compuesto químico resistente a la descomposición anaeróbica. La presencia de lignina en estos materiales dificulta su descomposición y puede ralentizar la producción de biogás. En tales casos, se requieren procesos de pretratamiento adicionales, como la o la descomposición previa, para mejorar la degradabilidad y aprovechamiento de estos residuos en la producción de biogás.

La producción de biogás implica el uso de equipos y dispositivos específicos, siendo los biodigestores el elemento central del proceso. Estos sistemas requieren un diseño adecuado, instalación y mantenimiento, lo que implica requerimientos técnicos y una inversión inicial significativa. Además, se requiere un control y monitoreo continuo para garantizar un funcionamiento óptimo del biodigestor, asegurando así una producción eficiente y estable de biogás. También es importante contar con personal capacitado para operar y mantener los equipos, así como para resolver cualquier problema técnico que pueda surgir.

La disponibilidad de residuos orgánicos adecuados y en cantidad suficiente es esencial para la producción de biogás. Sin embargo, la disponibilidad puede variar según la ubicación geográfica y la temporada. Además, la calidad de los residuos puede influir en la eficiencia y calidad del biogás generado. Es fundamental seleccionar los residuos adecuados, considerando su contenido de materia orgánica, su relación carbono/nitrógeno y la presencia de elementos no deseados, como metales pesados o contaminantes químicos. También es necesario asegurarse de que los residuos estén libres de contaminación o impurezas que puedan afectar la producción de biogás o dañar el biodigestor.

Estas limitaciones y consideraciones destacan la importancia de llevar a cabo un análisis exhaustivo de factibilidad antes de emprender un proyecto de producción de biogás. Es necesario evaluar la disponibilidad y calidad de los residuos, así como los requerimientos técnicos y de inversión, para asegurar una producción eficiente y sostenible de biogás. Además, es importante tener en cuenta los aspectos ambientales y reglamentarios relacionados con el manejo de residuos y la producción de energía renovable. La investigación continua y la innovación tecnológica desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de soluciones que aborden estas limitaciones y permitan

una mayor eficiencia y aprovechamiento del biogás como fuente de energía limpia y renovable. IDAE (2020)

6.4. Impacto ambiental:

El biogás es una fuente de energía renovable que tiene un impacto ambiental positivo en España. Así las plantas de biogás representan una excelente herramienta para reducir el impacto ambiental de la ganadería intensiva, ya que permiten la reducción de la huella de carbono al poder utilizar los excrementos de estos animales.

Actualmente, España tiene un gran potencial de residuos orgánicos para la producción de biogás, provocando un gran potencial energético asociado en términos de biogás y energía. De esta manera se pueden reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, el biogás puede reducir las emisiones si se utiliza como combustible para vehículos o inyectado en la red de gas natural.

El proceso de digestión anaerobia que se lleva a cabo en las plantas de biogás es considerado la mejor forma de gestión ambiental de los residuos orgánicos, ya que reduce su huella de carbono y mejora su gestión. Para valorar los posibles impactos ambientales de una planta de biogás se lleva a cabo un estudio de impacto ambiental, que sirve para adoptar las decisiones más adecuadas para prevenir y minimizar los posibles efectos negativos.

Por último, el biogás presenta otros impactos positivos transversales para el medio ambiente y la economía española, como la reducción de la dependencia energética del exterior y la diversificación de las fuentes energéticas. Sapia, J. I. (2022)

6.5. Perspectivas futuras y desarrollo del Biogás

En España se ha identificado un amplio potencial de residuos orgánicos que podrían ser aprovechados para la producción de biogás, lo que indica la existencia de un gran potencial energético para este sector, acompañado de investigación y el desarrollo de tecnologías para la producción de biogás desempeñan un papel fundamental en la mejora de la eficiencia y calidad del biogás generado. Mediante la investigación, es

posible identificar nuevas fuentes de materia orgánica que puedan ser utilizadas en la producción de biogás, lo que amplía aún más las posibilidades de aprovechamiento.

Las políticas públicas pueden desempeñar un papel crucial en el desarrollo del biogás, ya que pueden incentivar y regular la producción y el uso de esta fuente de energía renovable. A través de incentivos económicos, regulaciones y apoyo gubernamental, se puede fomentar la adopción del biogás como una alternativa sostenible y contribuir a la transición hacia un sistema energético más limpio.

La producción de biometano a partir del biogás representa una perspectiva interesante para el futuro. El biometano es un gas de alta calidad y pureza, similar al gas natural, y puede ser utilizado como combustible para vehículos o inyectado en la red de gas natural, lo que amplía su alcance y aplicaciones en diferentes sectores.

La utilización del biogás en la industria también representa una perspectiva atractiva. Al emplear biogás como fuente de energía térmica en los procesos industriales, es posible reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y promover prácticas más sostenibles en el sector industrial. Mantilla, K. G. (2021) y IDAE (2020)

7. Oportunidades empresariales del Biogás. Implicación de la empresa “1A INGENIEROS” en la implantación del hidrógeno verde en España.

7.1. Historia 1A INGENIEROS S.L.

En 1997 Ricardo Fortuoso, zamorano afincado en Valladolid, puso en marcha desde una oficina situada en su propio domicilio, la empresa 1A Ingenieros, orientada al sector de la ingeniería y apostando por modelos de excelencia e innovación. Algo que se palpa en cada uno de los proyectos, marcados por la búsqueda constante de soluciones innovadoras y diferenciales, lo que ha sido la clave para ofrecer servicios y soluciones de vanguardia a sus clientes, que en la actualidad pasan necesariamente por la transformación digital y la adopción de soluciones energéticas que reduzcan cuando no supriman las emisiones de gases de efecto invernadero.

La innovación forma parte del ADN de esta empresa y de todas personas que trabajan en 1A Ingenieros, dejando buena muestra de ello, en todos los proyectos en los que participa, en las áreas de energías renovables, mediante la distribución y transporte de electricidad, gas e hidrógeno, movilidad eléctrica, con proyectos que suman más de 12GW a nivel nacional y trabajos de carácter internacional, como los llevados a cabo en Sudáfrica; O de economía circular, con la generación de biogás, biometano e hidrógeno y la edificación saludable, tanto en industria, como en proyectos de plantas productivas y logísticas, para empresas punteras del sector distribución.

7.2. Crecimiento Sostenible

1A Ingenieros, gracias a su labor y a su firme convencimiento por la innovación, ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años, pudiendo presumir en la actualidad, de liderar una de las compañías más innovadoras y de mayor prestigio a nivel nacional.

Con la mirada puesta en el futuro, el plan estratégico de 1A Ingenieros contempla un crecimiento de hasta 12 millones de facturación a finales de 2023 y un aumento de 8 más, hasta llegar a los 20 millones a finales de 2025.

Hoy, en pleno proceso de transformación organizacional, la cultura ágil, basada en la eficiencia de los procesos, el empoderamiento, la flexibilidad, la confianza, la aceptación del cambio y el feedback constante, definen la gobernanza de un equipo cohesionado, con grandes valores, que proyecta en cada proyecto y en cada cliente. Los valores de gestión eficiente, basados en las personas son: la excelencia, la innovación y la creatividad, el trabajo en equipo, la transparencia y la ética, el compromiso, la cercanía, la orientación al cliente y la colaboración y la generación de alianzas basadas en la confianza.

El Equipo 1A lo componen más de 210 profesionales cualificados y comprometidos con sus valores, promoviendo la mejora continua y la excelencia en sus proyectos, ubicados, además de en la sede central en Valladolid, en sus oficinas de León, Pontevedra y Toledo, desde donde se presta servicio en todo el territorio nacional, así como en nuestro país vecino, Portugal.

El autodesarrollo, el interés por el aprendizaje continuo, el espíritu innovador, la implicación, la ética y la flexibilidad y adaptación de diferentes realidades de cada colaborador, son características que definen al Equipo 1A.

1A Ingenieros cree en la rentabilidad sostenible, no solo en lo que se refiere a facturación, ya que en 2015 la estructura de la compañía estaba integrada por 55 personas y actualmente la conforman más de 210 profesionales, lo que supone un crecimiento del 74%. Un dato vivo que a diario aumenta, debido a los continuos procesos de selección que la Compañía tiene abiertos.

La organización ha establecido los impactos en los Objetivos de Desarrollo Sostenible diferenciando los que lleva a cabo por su actividad, y los que dirige a impactar el Equipo, fomentando a través de ellos, su compromiso sostenible.

Desde 2014, 1A Ingenieros es socio Signatory de la Red Española del Pacto Mundial de la Organización de Naciones Unidas y Medalla de Oro en Ecovadis (Plataforma mundial de evaluación de RSC). En los años 2017, 2019 y 2020 por las Políticas de RSC y finalistas en 2019 al Premio Industria Socialmente Responsables del Colegio de Ingenieros de Valladolid, por la integración de los ODS y su desarrollo en la organización.

Desde 2020 y recientemente renovado hasta el 2026, 1A Ingenieros dispone del Sello PYME Innovadora que otorga el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades en España a aquellas pequeñas y medianas empresas (PYMEs) que realizan actividades

de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) de forma continuada y que se distinguen por su carácter innovador.

Además, Ricardo Fortuoso, consejero delegado de la Compañía, el pasado año obtuvo el premio como "Empresario del Año en el Sector Servicios", otorgado por la Universidad de Valladolid.

Entre los proyectos con carácter innovador, llevados a cabo en empresas de diferentes sectores, destacamos los acometidos en las áreas de:

- **BIOGÁS Y BIOMETANO:** Uno de los proyectos llevados a cabo en Biogás es el acometido para la creación del gasoducto para inyección de biometano en las redes de distribución de Redexis en Murcia desde la Planta de producción de biogás de Galivi Solar SL en Lorca. Se trata de una inversión en una unidad de upgrading que permitirá producir Biometano a partir del biogás que se genera en la planta de tratamiento de residuos.

- **HIDRÓGENO:** 1A Ingenieros también participa activamente en la transición energética prestando servicios de ingeniería en toda la cadena de valor del hidrógeno, ofreciendo soluciones tecnológicas para sus diferentes usos.

Un ejemplo de ello, lo constituye el que una de las principales compañías energéticas de nuestro país, le ha adjudicado el proyecto constructivo de su primera planta de producción de hidrógeno verde en Garray, Soria. Esta planta de producción de 2,5 MW de capacidad, que podrá alcanzar las 300 toneladas anuales de hidrógeno producido.

Planta de Granollers



La compañía energética Naturgy ha alcanzado un acuerdo para adquirir la producción completa de la planta de biometano del proyecto BioVO, ubicada en Granollers, Barcelona. La planta está siendo construida por la UTE Upgrading Granollers, una unión temporal de empresas formada por Facsa y Transparenta, y Naturgy se asegura la compra de hasta 22 GWh de biometano durante un año, con la posibilidad de prorrogar el acuerdo.

El proyecto BioVO tiene como objetivo generar biometano a partir del biogás producido en los procesos de tratamiento de la Planta de Digestión Anaeróbica y de Compostaje del Consorci per a la Gestió dels Residus del Vallès Oriental y en la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) Granollers del Consorcio Besòs Tordera. Naturgy adquirirá toda la producción de la planta y se compromete a impulsar el desarrollo del biometano en Cataluña en colaboración con los consorcios mencionados.

El proyecto BioVO, que actualmente está en construcción y se espera que entre en operación en julio, contará con una planta de limpieza y purificación de biogás utilizando la tecnología de membranas de Bright Renewables. También incluirá un gasómetro con capacidad para 1.250 m³ y un módulo de inyección de biometano en la red de gas natural. El proyecto se enfoca en tratar el excedente de biogás de las instalaciones de la EDAR y la planta de materia orgánica, estimado en 720.000 Nm³/año.

Esta alianza entre Naturgy y los consorcios forma parte del Plan de Biogás de Cataluña 2023-2030, que busca valorizar los residuos orgánicos y las deyecciones

ganaderas para generar gases renovables, contribuyendo así a la descarbonización de la economía y la transición energética de Cataluña hacia la neutralidad climática en 2050. Bioenergía (2023)

Este proyecto asume la gestión de la dirección facultativa y la coordinación de la seguridad y la salud de la empresa 1A INGENIEROS S.L. en la que actualmente estoy trabajando y en la que hace un año hice mis prácticas curriculares gracias al grado en Comercio.

Es por ello, que tengo el privilegio de poder hablar con Ángel Casas, responsable del área de energías renovables dentro de la organización y que ha aceptado a responder una serie de cuestiones que son pertinentes para poder entender mejor cuál es el trabajo que se está desempeñando en esta planta.

8. Entrevista a Ángel Casas (responsable del área de Energía Renovable de 1A INGENIEROS S.L)

El director del Proyecto es el responsable del Área de Energía Renovable, Ángel Casas Bachiller, Ingeniero Industrial por la Universidad de Valladolid, especialista en gestión de equipos enfocado en la dirección de proyectos de gases renovables, nuevas gasificaciones, almacenamiento, movilidad, y transformación de instalaciones de gas. Ha realizado tareas comerciales y de desarrollo de negocio, así como de gestión y gestión de equipos.

Dispone de formación específica en distribución de gas y más de 25 años de experiencia en trabajos de ingeniería y asesoramiento técnico; además dispone de amplios conocimientos sobre las instalaciones de gas natural (es jefe de obra con certificación Tipo A), así como de acreditación de supervisor SEDIGAS SG-0049.

Posee una elevada experiencia en supervisión y dirección de obra. Como formación complementaria es Técnico Superior en Prevención de Riesgos Laborales en las tres especialidades, auditor de prevención de riesgos laborales y supervisor ambiental de obra. Ha sido profesor tanto de normativa gasística como para la obtención de carnets de instaladores.

¿Qué factores tuviste en cuenta al seleccionar la ubicación para la planta de biometano?

Granollers alberga una instalación de biometano que capitaliza el biogás generado en el vertedero y la planta de tratamiento de aguas residuales del lugar. En otras palabras, se lleva a cabo un proceso de optimización y transformación de los residuos provenientes de dichos establecimientos, con el objetivo de obtener biometano que posteriormente se inyecta en la red

¿Qué tipo de materia orgánica utilizas como materia prima en la planta?

No se nos ha otorgado la facultad de seleccionar la materia prima, dado que nos basamos en vertederos y plantas de tratamiento de aguas residuales ya existentes, las cuales se encargan de gestionar sus aguas contaminadas y sus desechos. Dentro de sus procesos, cuentan con digestores que generan biogás.

¿Cuáles son los principales pasos del proceso de generación de biometano?

El proceso de generación implica la separación del biogás de sus componentes sulfídricos y compuestos orgánicos volátiles mediante filtros de carbón activado. Aunque existen otros sistemas disponibles, he optado por este en particular debido a consideraciones principalmente relacionadas con el precio. Posteriormente, procedemos a realizar el proceso de mejora, en este caso mediante un sistema de membranas. Este sistema funciona de manera similar a un colador, pero a nivel molecular: se inyecta gas a presión, lo cual permite que ciertas moléculas atraviesen la membrana mientras otras no lo hacen. Mediante este método, podemos separar el biogás de los componentes sulfídricos y los compuestos orgánicos volátiles, obteniendo como resultado una mezcla pura de dos sustancias: metano y CO₂.

Con el sistema de membranas, logramos separar ambas sustancias, de modo que el metano se dirige a través de una tubería separada del CO₂.

¿Cuál es la capacidad de producción de la planta?

Esta planta puede generar unos 600 m³ hora condiciones normales de biogás, que producirán 300m³ hora en condiciones normales de metano.

¿Qué tecnologías o equipos utilizaste en el diseño de la planta y por qué?

Se ha utilizado el módulo de upgrading de membranas de la marca Bryan biometano debido a que Biovic ganadora del concurso apuesta por esta marca holandesa.

¿Cuáles son los principales desafíos técnicos o logísticos que enfrentaste durante el diseño de la planta?

Los principales desafíos que existieron durante el proceso de construcción fue el reducido espacio que existía para poder implantar la planta en dicha localización.

¿Qué medidas tomas para asegurar la eficiencia energética y minimizar las pérdidas en el proceso de generación de biometano?

Se analiza el biometano, si este es válido se inyecta a la red y si no se vuelve a recircular para volver a darle el tratamiento adecuado.

¿Cómo gestionas los residuos o subproductos generados durante el proceso de producción de biometano?

En este caso no es necesario gestionar ningún tipo de residuo ya que recibimos biogás, únicamente se le quitan sulfhídricos y compuestos orgánicos volátiles a través de filtros y el mantenimiento de estos filtros está contratado la reposición del carbón activo cuando se satura.

¿Has implementado alguna estrategia para maximizar la utilización o valorización del biometano producido?

En España actualmente existen muy pocas plantas y esta es una más, actualmente por detrás de Francia, lo necesario para maximizar dicha utilización es seguir construyendo más plantas.

¿Qué impacto ambiental tiene la planta?

Esta planta no tiene ningún impacto ambiental ya que no expulsa ninguna materia perjudicial para el medioambiente.

¿Cómo evalúas la viabilidad económica de la planta y qué factores consideras en ese análisis? ¿Se han recibido subvenciones?

Esta planta ha tenido un coste de 3M de euros y ha recibido una subvención de 1M de euros, hoy somos dependientes de estas subvenciones para llevar a cabo la implantación de estas plantas, estoy convencido de que una vez que aumente su desarrollo será igual de competitiva que cualquier otra fuente de energía renovable.

¿Cuáles son tus perspectivas sobre el futuro de la generación de biometano y su papel en la transición energética?

El biometano tiene un papel crucial en la transición energética al ser una fuente renovable, aprovechando todo tipo de residuos orgánicos para la generación de energía limpia y contribuyendo a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

En cuanto a su futuro, parece prometedor por lo que debemos seguir apostando por esta energía y seguir implantando nuevas plantas productoras que nos hagan un referente internacional.

9. Conclusiones

Este trabajo me servido para comprender uno de los desafíos más complejos al que enfrenta España en la actualidad: el problema energético y la necesidad de llevar nuestro consumo hacia fuentes de energía más sostenibles y limpias. Durante esta investigación he comprendido la complejidad de la situación energética actual, así como las implicaciones que tiene para la economía y el medio ambiente.

En primer lugar, se ha constatado la magnitud de la dependencia de fuentes de energía no renovables, como el petróleo y el gas natural, y cómo esto ha llevado a consecuencias negativas tanto a nivel económico como ambiental. La vulnerabilidad de España a los precios internacionales de la energía ha sido un factor determinante que ha generado preocupaciones sobre la seguridad energética y la necesidad de buscar alternativas más estables y sostenibles.

En este contexto, se ha comprendido la importancia crucial del problema medioambiental relacionado con el uso masivo de combustibles fósiles, y cómo esto ha contribuido al cambio climático y la degradación del medio ambiente. La adopción de políticas y medidas para revertir esta situación se ha revelado como una prioridad ineludible para garantizar un futuro sostenible para las generaciones venideras. La Unión Europea, a través de directivas y políticas, ha jugado un papel fundamental en este sentido, fomentando el uso de fuentes de energía renovables y promoviendo la transición hacia una economía baja en carbono.

La Directiva sobre fuentes de energía renovables (DFER) ha sido una de las políticas destacadas, estableciendo objetivos ambiciosos para aumentar la participación de las energías renovables en el mix energético. Esta directiva ha sentado las bases para el desarrollo de las energías renovables en España y ha planteado metas concretas para el año 2020 y más allá, como los objetivos de las directivas DFER II, III y IV hacia 2030.

La transición energética implica el diseño de futuras etapas y medidas para garantizar un suministro energético seguro y sostenible, y se han propuesto iniciativas como la implementación de una Red Transeuropea de Energía y la revisión de la Directiva sobre fiscalidad de la energía. Estas acciones buscan fortalecer el marco regulatorio y promover la eficiencia energética, sentando las bases para una transformación profunda en el sistema energético.

Por otro lado, el estudio de las distintas fuentes de energía renovables me ha permitido apreciar las ventajas y desafíos que cada una de ellas presenta en el camino hacia la descarbonización de nuestro país. La prometedora opción del hidrógeno verde y el creciente interés de España en su desarrollo destaca como una alternativa clave en la transición energética.

El biogás, aún todavía en desarrollo y como apoyo para producir biometano, ha ganado relevancia como una fuente energética renovable debido a poder ser inyectado a la red en forma de gas natural.

La inclusión de información sobre la empresa 1A Ingenieros S.L. y su compromiso con el medio ambiente en España, ha sido un elemento destacado que ha aportado un enfoque más práctico y concreto al trabajo. La descripción de la nueva Planta de generación de Biometano en Granollers, de la cual 1A es responsable de la Dirección facultativa, ejemplifica cómo se están llevando a cabo proyectos reales que buscan hacer frente a los desafíos energéticos actuales.

Además, la entrevista realizada a Ángel Casas, responsable del departamento de Energía de 1A Ingenieros, ha proporcionado una visión más profunda y cercana sobre el funcionamiento de la planta y la relevancia de este tipo de proyectos en la lucha contra el problema energético y la protección del medio ambiente.

Todo ello, me ha aportado una perspectiva amplia, apoyada desde distintos puntos de vista la forma en la que en nuestro país intenta adaptarse a los cambios energéticos, orientados al apoyo al medioambiente y centrados en poder ser independientes energéticamente para que en futuro nosotros pasemos de ser importadores a exportadores de energía lo que repercutirá positivamente en nuestra balanza comercial.

BIBLIOGRAFÍA

- Appa renovables. (2017). *Renovables en España*. Obtenido de <https://www.appa.es/energias-renovables/renovables-en-espana/> Recuperado el 16 de mayo de 2023.
- Appa renovables. (2017). *Renovables, tipos y ventajas*. Obtenido de <https://www.appa.es/energias-renovables/renovables-tipos-y-ventajas/> Recuperado el 16 de mayo de 2023.
- Baxi. (s.f.). *Ventajas y desventajas del hidrógeno como fuente de energía*. Obtenido de <https://www.baxi.es/ayuda-y-consejos/normativa-y-renovables/hidrogeno-ventajas-y-desventajas> Recuperado el 10 de abril de 2023.
- Bioenergía. (2023). Obtenido de Energías renovables, el periodismo de las energías limpias: <https://www.energias-renovables.com/bioenergia/naturgy-adquirira-el-biometano-producido-en-la-20230531> Recuperado el 22 de junio de 2023.
- Catalunya (2023) *Gases renovables: Tecnologías, usos y beneficios*. Fundación naturgy. Curso de formadores en gas renovable. <https://estaticos.naturgy.com/fundacion/B1-introduccion-biogas-scorm/curso/pdf/B1-introduccion-biogas.pdf> Recuperado el 27 de abril de 2023
- Caz, G. d. (2022). *El verdadero problema energético de España*. Obtenido de <https://fundaciondisenso.org/2022/01/04/el-verdadero-problema-energetico-de-espana/> Recuperado el 20 de marzo de 2023.
- Ciucci, M. (2023). *La energía renovable*. Obtenido de Fichas temáticas sobre la Unión Europea: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/sheet/70/la-energia-renovable> Recuperado el 14 de junio de 2023.

- Comercialfoisa. (2020). *¿Qué son el Biogás y el Biometano?* Obtenido de <https://comercialfoisa.com/que-son-el-biogas-y-el-biometano/> Recuperado el 30 de marzo de 2023.
- Eden Springs. (2019). *Los principales problemas medioambientales en España*. Obtenido de Eden springs: <https://www.aguaeden.es/blog/problemas-medioambientales> Recuperado el 5 de junio de 2023,
- Eupmt. (2022). *Los principales problemas medioambientales en España*. Obtenido de Eupmt Portal para estudiantes: <https://eupmt.es/los-principales-problemas-medioambientales-en-espana/> Recuperado el 17 de marzo de 2023.
- Green Hysland. (2023). *Acerca del Proyecto GreenHysland*. Obtenido de Green Hysland: <https://greenhysland.eu/acerca-de-green-hysland/> Recuperado el 18 de junio de 2023.
- H2CYL. (2023). Obtenido de <https://h2cyl.com/> Recuperado el 21 de mayo de 2023.
- Iberdrola. (2023). *El hidrógeno verde: una alternativa para reducir las emisiones y cuidar nuestro planeta*. Obtenido de Iberdrola: <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/hidrogeno-verde> Recuperado el 27 de mayo de 2023.
- IDAE. (2020). *Biogás*. Obtenido de <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/biogas> Recuperado el 14 de abril de 2023.
- Isbell, P. (2006). *La dependencia energética y los intereses de España*. Obtenido de Real Instituto Elcano: <https://www.realinstitutoelcano.org/analisis/la-dependencia-energetica-y-los-intereses-de-espana/> Recuperado el 26 de marzo de 2023.
- Jiménez, J.C. (2021) Sector Energético. En García Delgado, José Luis et al. *Lecciones de economía española / José Luis García Delgado y Rafael Myro (directores) ; José Colino Sueiras, Antoni Garrido Torres, Juan Carlos Jiménez (coordinadores de edición) ;*

[autores] José Antonio Alonso ... [et al.]; *ejercicios y prácticas*, José María López Morales. 16ª ed. Cizur Menor (Navarra): Civitas, 2021.

Kurrer, C., & Lipcaneanu, N. (2023). *La política de medio ambiente: principios generales y marco básico*. Obtenido de Fichas temáticas sobre la Unión Europea:
<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/sheet/71/la-politica-de-medio-ambiente-principios-generales-y-marco-basico> Recuperado el 9 de mayo de 2023.

La Vanguardia (2022). *Residuos Biogás*. Obtenido de La vanguardia:
<https://www.lavanguardia.com/vida/20220419/8207140/granollers-tendra-planta-aprovechar-biogas-genera.html> Recuperado el 26 de marzo de 2023.

Mantilla, K. G. (2021). *Biogás de residuos orgánicos como fuente de energía renovable*. Obtenido de Universidad Andina Simón Bolívar:
<https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/8410/1/T3670-MCCSD-Espinosa-Biogas.pdf> Recuperado el 30 de abril de 2023.

Pérez Porto, J., Gardey, A. (2016). *Biogás - Qué es, definición y concepto*. Definicion.de. Última actualización el 28 de julio de 2017. Recuperado el 30 de junio de 2023 de
<https://definicion.de/biogas/> Recuperado el 19 de abril de 2023.

PRIMAGAS. (2019). *Dependencia energética: consecuencias y retos del futuro*. Obtenido de
<https://www.primagas.es/blog/dependencia-energetica-consecuencias-y-retos>
Recuperado el 1 de abril de 2023.

REPSOL. (2023). *¿Qué es el biogas y cómo se obtiene? Conoce sus ventajas*. Obtenido de
<https://www.repsol.com/es/energia-futuro/cambio-climatico/biogas/index.cshtml>
Recuperado el 6 de mayo de 2023.

- Sánchez, J. (2021). *Principales problemas medioambientales en España*. Obtenido de Ecología verde: <https://www.ecologiaverde.com/principales-problemas-medioambientales-en-espana-1519.html> Recuperado el 10 de junio de 2023.
- Sapia, J. I. (2022). *Las macrogranjas en España y la oportunidad del Biogás*. Obtenido de ProCycla: <https://procycla.es/blog/medio-ambiente/macrogranjas-espana-oportunidad-biogas/> Recuperado el 18 de junio de 2023.
- Smart Spain. (2022). *Energías contaminantes: cómo afectan al medioambiente*. Obtenido de Smart Spain: <https://smartspain.es/energias-contaminantes/> Recuperado el 30 de marzo de 2023.
- Sostenibilidad para todos. (2019). *El impacto ambiental de las energías NO renovables: cambio climático y más*. Obtenido de https://www.sostenibilidad.com/energias-renovables/impacto-ambiental-energias-no-renovables/?_adin=02021864894 Recuperado el 30 de marzo de 2023.
- Suárez, C. (2014). *Situación de la gestión del Biogás en España*. Obtenido de EOI. Máster en Energías Renovables y Mercado Energético, Madrid.: <https://www.eoi.es/blogs/merme/situacion-de-la-gestion-del-biogas-en-espana/> Recuperado el 5 de junio de 2023.
- Valero, I. R. (2019). *Análisis del Sector de las Energías Renovables. El caso de la energía solar fotovoltaica*. Obtenido de Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad Pontificia Comillas.: <https://repositorio.comillas.edu/rest/bitstreams/271652/retrieve> Recuperado el 5 de junio de 2023.