

Trabajo Fin de Grado

Ingeniería de la Energía

Análisis de la disminución de la dependencia energética en Europa mediante la implementación de energías renovables

Autor: Guillermo Álvarez Román

Tutor: Francisco Javier Pino Lucena

Dpto. Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2024



Trabajo Fin de Grado
Ingeniería de la Energía

Análisis de la disminución de la dependencia energética en Europa mediante la implementación de energías renovables

Autor:

Guillermo Álvarez Román

Tutor:

Francisco Javier Pino Lucena

Catedrático de Universidad

Dpto. de Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2024

Proyecto Fin de Carrera: Análisis de la disminución de la dependencia energética en Europa
mediante la implementación de energías renovables

Autor: Guillermo Álvarez Román

Tutor: Francisco Javier Pino Lucena

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2024

El Secretario del Tribunal

A mi familia por su incondicional apoyo y a todos los compañeros y amigos que me han acompañado durante estos años.

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecer a mis familiares y amigos más cercanos todo el apoyo brindado durante estos 5 años, años difíciles a nivel académico y personal, en los que han escuchado mis problemas, me han animado a continuar a pesar de las dificultades que han aparecido a lo largo de este camino y especialmente a mis padres por haber creído firmemente en mí incluso en los momentos en los que daba por sentado que no iba a ser capaz.

Agradecer también a los profesores que me han formado a lo largo de estos años, a aquellos que han conseguido que el interés por la energía en el ámbito ingenieril permaneciera, e incluso creciera, hasta el último curso, a aquellos que han mostrado comprensión y empatía cuando el volumen de exámenes o trabajos nos sobrepasaba... entre otros muchos aspectos.

Y finalmente a la Universidad de Sevilla por haberme dado la oportunidad de realizar el programa Erasmus+ en La Sapienza di Roma, la cual sin duda ha sido la mejor experiencia de mi vida por las personas que me llevo y el nivel de conocimiento académico y sobre todo personal tan inmenso

Guillermo Álvarez Román

Sevilla, 2024

Resumen

En el actual panorama global, la demanda creciente de energía y la preocupación por las implicaciones medioambientales han llevado a la Unión Europea (UE) hacia una encrucijada energética de vital importancia. Este trabajo busca comprender el origen de la energía consumida en la UE, examinando detalladamente la composición actual de su mix energético. Además, se enfoca en cómo las distintas situaciones geopolíticas críticas vividas en los últimos años han puesto en juego nuestro modelo de consumo, destacando cómo la dependencia energética de terceros países, ajenos a la UE, no solo compromete la seguridad del suministro, sino que también impacta directamente en los costos asumidos por el consumidor.

El propósito fundamental de esta investigación es analizar las propuestas renovables presentadas por la Comisión Europea con el objetivo de reducir esta dependencia externa, explorando su viabilidad haciendo énfasis en las diversas formas de almacenamiento y su influencia en el mercado eléctrico. Además, se propondrán aspectos claves a desarrollar para la transición energética en España y el cumplimiento de los objetivos marcados por la UE, identificando posibles claves que faciliten el camino hacia un modelo más sostenible y autosuficiente.

El presente trabajo incluye una comparativa exhaustiva entre los combustibles fósiles y las energías renovables, desentrañando las ventajas y desventajas inherentes a cada uno. A través de este análisis, se busca arrojar luz sobre las decisiones estratégicas que pueden definir el futuro energético de la UE y, por extensión, de España, en una era marcada por la urgencia de la transición hacia fuentes de energía más limpias y sostenibles.

Abstract

In the current global panorama, the growing demand for energy and concern about environmental implications have led the European Union (EU) towards a vitally important energy crossroads. This work seeks to understand the origin of the energy consumed in the EU, examining in detail the current composition of its energy mix. Furthermore, it focuses on how the different critical geopolitical situations experienced in recent years have put our consumption model at stake, highlighting how energy dependence on third countries, outside the EU, not only compromises the security of supply, but also directly impacts the costs assumed by the consumer.

The fundamental purpose of this research is to analyze the renewable proposals presented by the European Commission with the aim of reducing this external dependence, exploring their viability with emphasis on the various forms of storage and their influence on the electricity market. In addition, key aspects will be proposed to develop for the energy transition in Spain and the fulfillment of the objectives set by the EU, identifying possible keys that facilitate the path towards a more sustainable and self-sufficient model.

This work includes an exhaustive comparison between fossil fuels and renewable energies, unraveling the advantages and disadvantages inherent to each one. Through this analysis, we seek to shed light on the strategic decisions that can define the energy future of the EU and, by extension, of Spain, in an era marked by the urgency of the transition towards cleaner and more sustainable energy sources.

Estructura del documento

Este Trabajo Final de Grado se estructura en una serie de capítulos que exploran diversos aspectos del mix energético y sus implicaciones.

En el primer capítulo, titulado "Introducción al mix energético", se ofrece una visión general sobre el origen de las diferentes fuentes energéticas que conforman el modelo de consumo de la UE.

A continuación, en el segundo capítulo se aborda en detalle la producción e importación de energía en la Unión Europea (UE), dividiéndose en subsecciones dedicadas a la energía producida dentro de la UE y la energía importada desde fuera del bloque.

Se examina la dependencia energética de la UE en el tercer capítulo, donde se analizan aspectos como el consumo de energía, la producción de electricidad, el precio de la electricidad y las emisiones de gases de efecto invernadero, proporcionando una visión global de los desafíos energéticos que enfrenta la región.

El cuarto capítulo se centra en las propuestas y políticas de la UE para abordar estos desafíos, destacando iniciativas como el plan REPowerEU y el Plan Industrial del Pacto Verde para Europa, así como proyectos específicos como el corredor de hidrógeno verde europeo H2Med.

A continuación, en el quinto capítulo, se investiga la fluctuación del precio del combustible a lo largo de la historia examinando eventos significativos influyentes como la Guerra Israel-Palestina y el cierre del gasoducto del Magreb.

En el sexto capítulo se analiza la viabilidad de la transición energética, examinando desafíos actuales y futuros que pueden ser hándicap en el desarrollo y expansión del sector, así como el desfase entre la demanda y la producción de energías renovables, las tecnologías de almacenamiento de energía y el papel del autoconsumo, con especial énfasis en la situación en España.

El séptimo capítulo se centra en el efecto de las energías renovables en el mercado eléctrico, examinando su funcionamiento y cómo el despliegue de las renovables afecta a la oferta y demanda de electricidad, así como la posible canibalización de los precios de las energías renovables.

A continuación, en el octavo capítulo se compara y contrasta las energías renovables con las no renovables, destacando las ventajas y desventajas de cada una, así como su impacto en la salud y posibles medidas de acción para mejorar la calidad del aire.

Finalmente, en el noveno capítulo se investiga el impacto de las renovables en la generación de empleo, analizando cómo la transición hacia fuentes de energía más sostenibles puede contribuir a la creación de empleo en diferentes sectores de manera global.

El trabajo culmina con un análisis final de la situación actual en forma de conclusiones, donde se resumen los hallazgos principales y se ofrecen reflexiones finales sobre el tema tratado. Se abordan tanto los desafíos como las oportunidades que presenta el panorama energético actual y se destaca el papel fundamental que representa la UE para el desarrollo y expansión de las renovables fuera de nuestras fronteras promoviendo una transición hacia un modelo energético más sostenible y eficiente en el futuro.

Agradecimientos	i
Resumen	iii
Abstract	v
Estructura del documento	vii
Índice	ix
Índice de Figuras	xi
1 Introducción al mix energético	1
2 Energía producida e importada en la UE	3
2.1 <i>Energía producida en la UE</i>	3
2.2 <i>Energía importada en la UE</i>	4
3 Dependencia energética de la UE	5
3.1 <i>Consumo de energía</i>	6
3.1.1 <i>Consumo de energía</i>	8
3.2 <i>Producción de electricidad</i>	9
3.3 <i>Precio de la electricidad y del gas</i>	9
3.3.1 <i>Evolución del precio de la energía en los últimos años</i>	12
3.4 <i>Emisiones de gases de efecto invernadero</i>	13
4 Propuestas de la UE	17
4.1 <i>¿Cuáles son los principales objetivos del plan REPowerEU?</i>	18
4.2 <i>¿Cómo se financia el plan REPowerEU?</i>	20
4.3 <i>¿En qué consiste el Plan Industrial del Pacto Verde para Europa?</i>	20
4.4 <i>Corredor de hidrógeno verde europeo H2Med</i>	21
4.4.1 <i>¿Es tan idílico todo lo que envuelve al hidrógeno verde?</i>	22
5 Fluctuación del precio del combustible a lo largo de la historia	25
5.1 <i>La Guerra Israel-Palestina</i>	25
5.2 <i>El cierre del gasoducto del Magreb</i>	26
5.3 <i>¿Cómo afecta la inflación al precio del combustible?</i>	28
6 Viabilidad de la Transición Energética	31
6.1 <i>Desfase demanda-producción de las renovables (Duck Curve)</i>	31
6.2 <i>Almacenamiento de energía en baterías</i>	32
6.2.1 <i>Diferenciación entre tipos de batería por tamaño</i>	33
6.2.2 <i>Diferenciación de baterías por tipo de electrolito</i>	34
6.3 <i>Almacenamiento de energía a través de las centrales hidroeléctricas de bombeo</i>	35
6.4 <i>Almacenamiento en centrales termosolares</i>	36
6.5 <i>Almacenamiento de energía por aire comprimido (CAES)</i>	38
6.6 <i>Autoconsumo como clave para la transición energética</i>	40
6.6.1 <i>Comunidades energéticas</i>	41
6.7 <i>Viabilidad de la transición energética en España</i>	43

6.7.1	Electrificación del transporte	44
6.7.2	Energía eólica Offshore	46
6.7.3	Potencial de la energía geotérmica	49
7	Efecto de las renovables en el mercado eléctrico	51
7.1	<i>Funcionamiento del Mercado Eléctrico</i>	51
7.2	<i>¿Cómo afecta el despliegue de las renovables al mercado eléctrico?</i>	53
7.3	<i>Canibalización de los precios de las renovables</i>	55
8	Energía renovable VS energía no renovable	57
8.1	<i>Ventajas de las energías renovables</i>	57
8.2	<i>Desventajas de las energías renovables</i>	57
8.3	<i>Ventajas de las energías no renovables</i>	58
8.4	<i>Desventajas de las energías no renovables</i>	59
8.5	<i>Efectos de la energía no renovable sobre la salud</i>	59
8.6	<i>Medidas para mejorar la calidad del aire y la salud</i>	61
9	¿Cómo afectan las renovables a la generación de empleo?	63
	Conclusiones	67
	Bibliografía	69
	Glosario	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.1 Combinación energética para la UE. Fuente: Eurostat	1
Figura 2-2.1 Fuentes de producción energética en la UE. Fuente: Eurostat	3
Figura 3-2.1 Fuentes de producción energética en España. Fuente: Eurostat	4
Figura 4-3 Tasa de Dependencia UE. Fuente: Eurostat	5
Figura 5-3 Tasa de Dependencia España. Fuente: Eurostat	6
Figura 6-3.1 Participación de los productos energéticos en el consumo total de energía final UE. Fuente: Eurostat	7
Figura 7-3.1 Participación de los productos energéticos en el consumo total de energía final España. Fuente: Eurostat	7
Figura 8-3.1.1 Consumo de energía primaria en la UE. Fuente: Eurostat	8
Figura 9-3.1.1 Consumo final de energía en la UE. Fuente: Eurostat	8
Figura 10-3.2 Producción de electricidad por fuente, 2021. Fuente: Eurostat	9
Figura 11-3.3 Precio de la electricidad para uso doméstico UE. Fuente: Eurostat	10
Figura 12-3.3 Precio del gas en los hogares UE. Fuente: Eurostat	10
Figura 13-3.3 Precio de la electricidad para consumidores no domésticos UE. Fuente: Eurostat	11
Figura 14-3.3 Precio del gas para consumidores no domésticos UE. Fuente: Eurostat	11
Figura 15-3.3.1 Evolución del precio de la electricidad en los hogares. Fuente: Eurostat	12
Figura 16-3.3.1 Evolución del precio del gas en los hogares. Fuente: Eurostat	12
Figura 17-3.3.1 Evolución del precio de la electricidad para consumidores no domésticos. Fuente: Eurostat	12
Figura 18-3.3.1 Evolución del precio del gas para consumidores no domésticos. Fuente: Eurostat	13
Figura 19-3.4 Comparativa emisiones de GEI UE vs España. Fuente: European Environment Agency	14
Figura 20-3.4 Principales sectores responsables de las emisiones de GEI en la UE. Fuente: European Environment Agency	14
Figura 21-3.4 Principales sectores responsables de las emisiones de GEI en España. Fuente: European Environment Agency	15
Figura 22-4 Reducción de importaciones rusas en la UE desde el comienzo de la guerra. Fuente: EC, Audiovisual Service	17
Figura 23-4.1 Reducción de las importaciones de gas ruso agosto 2022. Fuente: REPower EU, Comisión Europea	18
Figura 24-4.1 Almacenamiento de gas UE. Fuente: REPower EU, Comisión Europea	19
Figura 25-4.1 Hitos de las renovables a nivel europeo. Fuente: REPower EU, Comisión Europea	19
Figura 26-4.2 Financiación del plan REPowerEU. Fuente: REPower EU, Comisión Europea	20
Figura 27-4.4 Mapa H2Med. Fuente: noctula.pt	22
Figura 28-4.4.1 Producción del hidrógeno verde. Fuente: Ministerio de Industria, Energía y Minería	24
Figura 29-5.1 Evolución del territorio ocupado por Israel desde 1946. Fuente: izquierdadiario.es	26
Figura 30-5.2 Cierre del gasoducto del Magreb. Fuente: elpais.com	27

Figura 31-5.3 Inconvenientes del transporte del gas en barco. Fuente: elpais.com	27
Figura 32-5.3 HICP inflation rate over time. Fuente: European Central Bank	28
Figura 33-5.3 Evolución del precio del barril de petróleo Brent. Fuente: EOM	29
Figura 34-6.1 Duck Curve California octubre 2016. Fuente: Arnold Reinhold	32
Figura 35-6.2.1 Baterías Iberdrola. Fuente: Iberdrola.com	34
Figura 36-6.3 Partes de una central hidroeléctrica de bombeo. Fuente: Iberdrola.com	35
Figura 37-6.4 Central termosolar CSP. Fuente: Programa SAM	37
Figura 38-6.4 Central torre solar. Fuente: gobiernodecanarias.org	37
Figura 39-6.5 Compressed Air Energy Storage (CAES) System. Fuente: KBB Underground Technologies	38
Figura 40-6.5 9 niveles TRL. Fuente: ayiming.es	39
Figura 41-6.5 Huntorf CAES plant, Germany. Fuente: eseslab.com	39
Figura 42-6.6 Instalación fotovoltaica para autoconsumo en la cubierta del metro de Sevilla. Fuente: centrohistorico.info	40
Figura 43-6.6.1 Comunidad energética isla de Samsø, Dinamarca. Fuente: fotografía de Tomasz Sienicki	42
Figura 44-6.6.1 Comunidad energética Friburgo, Alemania. Fuente: eficienciaenergica.blogspot.com	42
Figura 45-6.6.1 Comunidad energética en Crevillent, Alicante. Fuente: Grupo Enercoop	43
Figura 46-6.7 PNIEC España. Fuente: Máster MERME EOI	44
Figura 47-6.7.1 Vehículo eléctrico conectado a un punto de carga. Fuente: xataka.com	45
Figura 48-6.7.2 Aguas territoriales España. Fuente: miteco.gob.es	46
Figura 49-6.7.2 ZAP Noratlántica. Fuente: Máster MERME EOI	47
Figura 50-6.7.2 ZAP Estrecho y Alborán. Fuente: Máster MERME EOI	47
Figura 51-6.7.2 ZAP levantino-balear. Fuente: Máster MERME EOI	48
Figura 52-6.7.2 ZAP Islas Canarias. Fuente: Máster MERME EOI	48
Figura 53-6.7.2 ZAP sudatlánticas. Fuente: Máster MERME EOI	49
Figura 54-6.7.3 Central geotérmica de Laderello, Italia. Fuente: Paolo Grassi, Shutterstock	50
Figura 55-7.1 Curva de la oferta del Mercado Eléctrico. Fuente: Máster MERME EOI	51
Figura 56-7.1 Curva de la demanda del Mercado Eléctrico. Fuente: Máster MERME EOI	52
Figura 57-7.1 Energía casada Mercado Eléctrico. Fuente: Máster MERME EOI	53
Figura 58-7.2 Precio horario del mercado diario. Fuente: OMIE	54
Figura 59-7.2 Curvas agregadas de oferta y demanda. Fuente: OMIE	54
Figura 60-7.2 Energía horaria por tecnologías. Fuente: OMIE	55
Figura 61-8.5 Efectos de la contaminación en la salud. Fuente: desarrollosostenible.es y OMS	60
Figura 62-8.6 Capa de smog Madrid Capital. Fuente: Carlos Rosillo	61
Figura 63-9 Evolución del empleo mundial en energías renovables por tecnología, 2012-2022. Fuente: IRENA	63
Figura 64-9 Panorama mundial de la creación de empleos relacionados con las energías renovables. Fuente: IRENA	64
Figura 65-9 Empleos directos e indirectos estimados en energías renovables en todo el mundo, por industria, 2021-2022. Fuente: IRENA	65

1 INTRODUCCIÓN AL MIX ENERGÉTICO

En este capítulo trataremos brevemente sobre el origen de las diferentes fuentes energéticas que conforman el modelo de consumo de la UE, concretamente hablaremos del mix energético (Figura 1-1.1 Combinación energética para la UE).

El mix energético presente en la UE está formado principalmente por cinco fuentes de energía diferentes:

- Petróleo crudo y productos derivados del petróleo (34,2%),
- Gas natural (23,3%),
- Energía renovable (17,2%),
- Energía nuclear (12,8%) y
- Combustibles fósiles sólidos (12,4%).

Podemos observar que, a pesar del esfuerzo y las políticas medioambientales de la comisión europea por realizar una transición ecológica, la mayor parte de la energía que compone el mix energético de la UE proviene de fuentes no renovables.

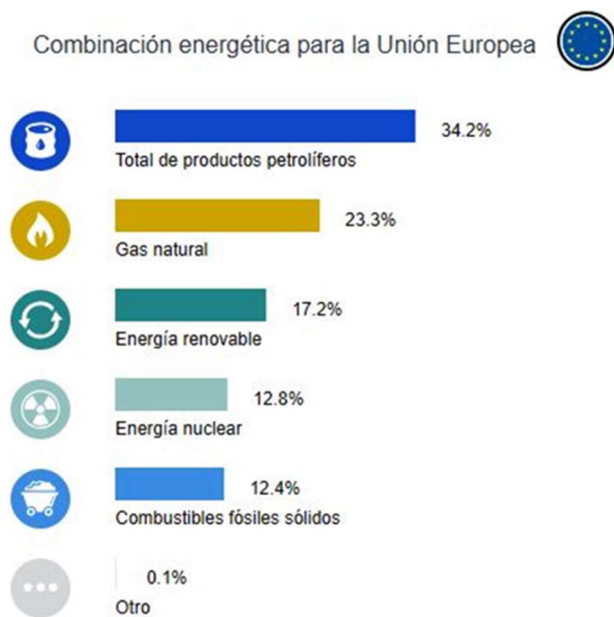


Figura 1-1.1 Combinación energética para la UE. Fuente: Eurostat

2 ENERGÍA PRODUCIDA E IMPORTADA EN LA UE

En este capítulo analizaremos la energía producida e importada en la UE como introducción al análisis de su dependencia energética.

Según los datos del Eurostat en el año 2021 la UE produjo un 44% de su energía, aproximadamente, frente al 56% de energía importada. De la energía total producida el 40,8% provino de fuentes renovables.

2.1 Energía producida en la UE

La energía producida en la UE (Figura 2-2.1 Fuentes de producción energética en la UE) proviene de las siguientes fuentes:

- Renovables (40,8%)
- Nuclear (31,2%),
- Combustibles sólidos (18,0%),
- Gas natural (6,4%)
- Crudo (3,4%).

Si comparamos estos datos de producción con el mix energético visto anteriormente, podemos observar claramente que las dos principales fuentes que lo componen, productos petrolíferos y gas natural, no corresponden con las de mayor producción en la UE. Esto demuestra que en 2021 las dos principales fuentes de energía en la UE fueron importadas, compradas a países no miembros.

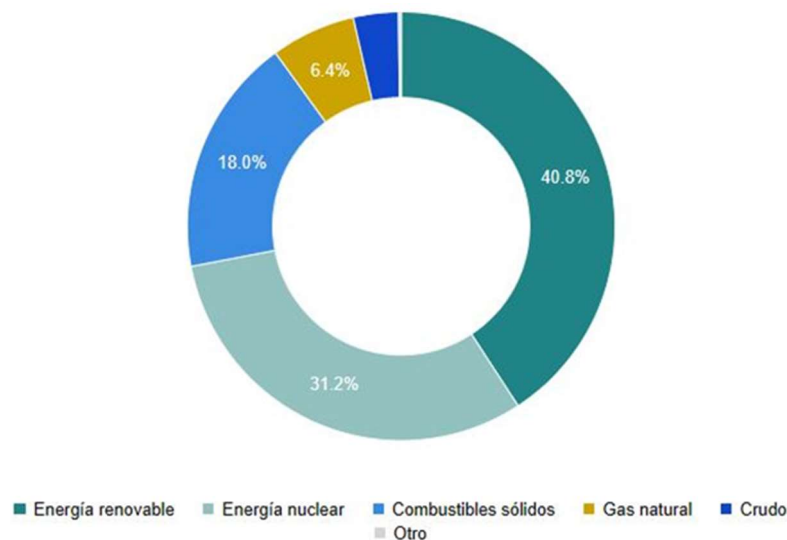


Figura 2-2.1 Fuentes de producción energética en la UE. Fuente: Eurostat

Cabe destacar que la producción de energía es muy dispar entre los diferentes estados miembros, pues en el caso de Francia, por ejemplo, predomina la producción de energía a partir de la nuclear (76% de la producción nacional total de energía) mientras que en Malta la totalidad de su energía proviene de fuentes renovables. En el caso de los combustibles sólidos como principal fuente de energía producida encontramos países como Polonia (71,5%), Estonia (55,9%) y la República Checa (44,5%). Finalmente, el gas natural tuvo la mayor participación en los Países Bajos (58,4%) mientras que la proporción de petróleo crudo fue mayor en Dinamarca (34,7%) tras las renovables.

Particularizando para el caso de España (Figura 3-2.1 Fuentes de producción energética en España), observamos que el 57,9% de la energía producida en nuestro país proviene de fuentes renovables, seguida de un 40,6% de la nuclear y una mínima parte de combustibles sólidos (1,4%).

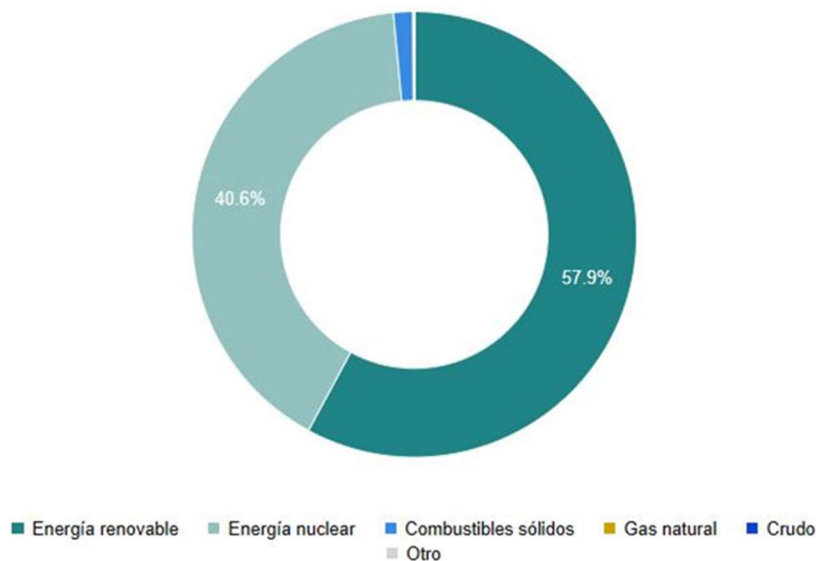


Figura 3-2.1 Fuentes de producción energética en España. Fuente: Eurostat

2.2 Energía importada en la UE

Sólo con la energía producida propia no es suficiente para abastecer las necesidades de iluminación, calefacción, movimiento y producción de todos los estados miembros, por lo que es vital la importación de energía de países externos a la unión. El principal producto importado en 2021 fueron los productos petrolíferos que supusieron el 64% de la totalidad de las importaciones realizadas en dicho año, seguido del gas natural (25%) y finalmente los combustibles fósiles sólidos (6%). La procedencia de dichos productos es como sigue:

- Petróleo crudo y derivados del petróleo → Rusia (28%), Estados Unidos y Noruega (9% cada uno), Libia y Kazajstán (6% cada uno)
- Gas natural → Rusia (44%), Noruega (16%) y Argelia (12%)
- Combustibles fósiles sólidos (principalmente carbón) → Rusia (52%), Australia (17%) y Estados Unidos (15%)

Según los datos, el principal proveedor de todos estos recursos es Rusia. Actualmente estamos siendo testigos de la constante fluctuación de los precios de dichas materias primas, ocasionada por las sanciones de la UE a Rusia como consecuencia de la guerra entre este país y Ucrania. En el caso de España, los principales proveedores en función de la materia prima son:

- Petróleo crudo y derivados del petróleo → Nigeria (13,5%), México (10,0%), Rusia (8,9%), Libia (8,5%) y Otros (52,5%)
- Gas natural → Argelia (42,9%), Estados Unidos (14,6%), Nigeria (11,5%) y Rusia (8,7%)
- Combustibles fósiles sólidos → Rusia (27,8%), Colombia (25,8%) y Australia (15,3%)

3 DEPENDENCIA ENERGÉTICA DE LA UE

Una vez estudiada la energía producida e importada en la UE podemos realizar un estudio sobre la dependencia energética con respecto a países externos a ella. Generalmente esta dependencia es vista como algo negativo, pues estamos constantemente sometidos a subidas de precios de la energía y a presiones políticas y sociales como las recientemente vividas por la guerra entre Rusia y Ucrania, que comenzó el 24 de febrero de 2022 y sigue activa actualmente, o el cierre del gasoducto del Magreb, tras el anuncio por parte de Argelia de no renovar el contrato con Marruecos el 31 de octubre de 2021. Este gasoducto suponía el mayor suministro de gas para España

La tasa de dependencia muestra hasta qué punto una economía depende de las importaciones para satisfacer sus necesidades energéticas. Se mide por la proporción de las importaciones netas (importaciones menos exportaciones) en el consumo bruto de energía interior (es decir, la suma de la energía producida y las importaciones netas).

En la UE en 2021, la tasa de dependencia de las importaciones fue igual al 55,5%, lo que significa que más de la mitad de las necesidades energéticas de la UE se cubrieron con importaciones netas. Los países con una mayor tasa de dependencia fueron Malta (97,5%), Luxemburgo (92,1%) y Chipre (89,5%) y concretamente en España fue de un 69,1% en 2021 frente al 76,8% que presentaba en el año 2000.

Esto muestra claramente que la economía de la UE no se podría mantener sin el comercio exterior de energía puesto que sectores como la industria, transporte, producción, tecnología... son necesarios para el desarrollo de esta. Además, el acceso a la energía influye enormemente en la calidad de vida en el continente tal y como hoy la conocemos, puesto que los recursos más básicos como sanidad, supermercados, hogares... dependen de la energía entre otros factores. Por lo tanto, es clara la necesidad de lograr una independencia energética total, con respecto a países que no formen parte de la UE, y realizar un estudio de su viabilidad.

Observemos que en los 21 años representados en la gráfica de la Figura 4-3 Tasa de Dependencia UE, la UE tan sólo consiguió reducir dicha tasa en 0,8 puntos porcentuales y en algunos estados miembros esta aumentó notablemente, como en Lituania, de un 57,8% a un 73,3%, en Países Bajos de un 38,3% a un 58,4% o incluso en el caso de Dinamarca, este país pasó de ser el único exportador de energía (-35,9%) a tener una tasa de dependencia del 32,3%.

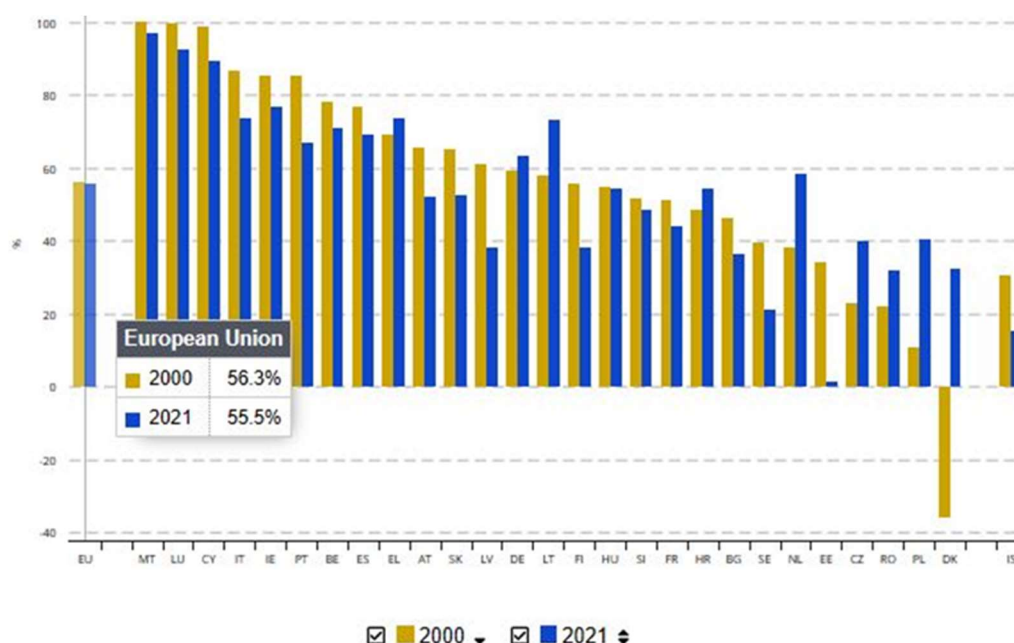


Figura 4-3 Tasa de Dependencia UE. Fuente: Eurostat

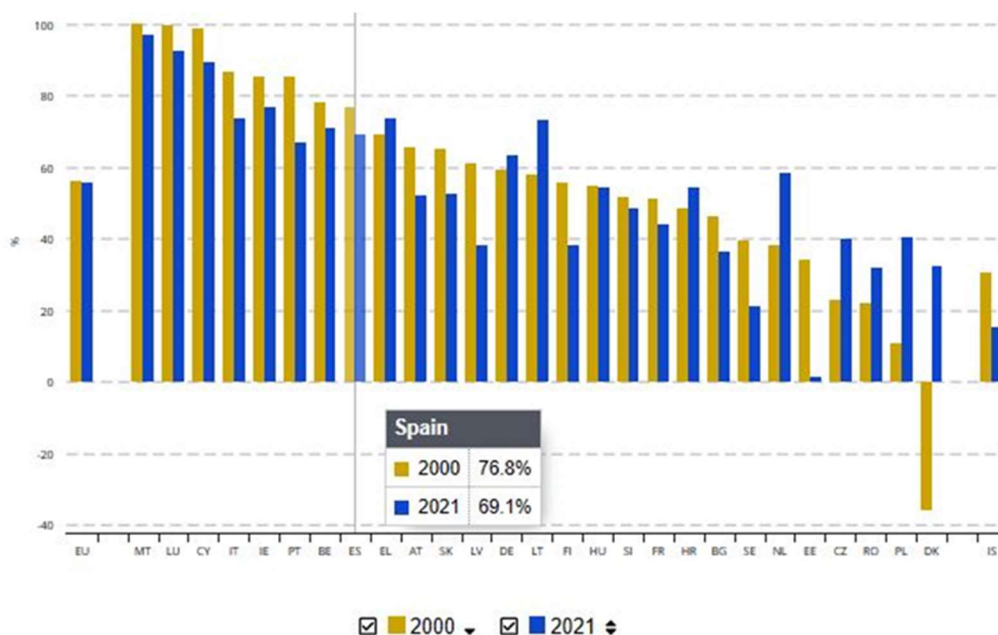


Figura 5-3 Tasa de Dependencia España. Fuente: Eurostat

3.1 Consumo de energía

Dos tercios de la energía total disponible en la UE es consumida por los usuarios finales (hogares, industria, agricultura, transporte...). El tercio restante se trata de pérdidas durante la generación y distribución de la electricidad a través de la red, como por ejemplo pérdidas técnicas causadas por la resistencia, la impedancia de la línea, grosor inadecuado del conductor, bajo factor de potencia y pérdidas de transformación activas y reactivas entre otros.

El mayor consumo está presente en los productos derivados del petróleo (gasóleo, gasolina, calefacción...) que en 2021 supusieron alrededor del 34,8% del consumo final de energía, seguidos por la electricidad y el gas (natural y manufacturado) con un 22,8% y 23% respectivamente. En menor proporción encontramos el uso directo de energías renovables (11,8%) no transformado en electricidad (madera, energía solar térmica, geotérmica o biogás para calefacción o producción de agua caliente sanitaria), calor derivado (5%) y combustibles fósiles sólidos (carbón fundamentalmente) (2,6%) (Figura 6-3.1 Participación de los productos energéticos en el consumo total de energía final UE). Estos valores al fin y al cabo no son más que una media porcentual de la tendencia general que muestran los veintisiete países miembros que conforman la unión, esto quiere decir que las tendencias de consumo entre un país y otro pueden diferir enormemente. Por ejemplo, Luxemburgo y Chipre son los países con mayor consumo de productos petrolíferos por encima del 55% del total consumido, sin embargo, Finlandia y Suecia rozan el 21% de consumo de esta materia prima. Para estos dos últimos países el consumo de energía renovable supuso un 28% aproximadamente en 2021. Para Países Bajos, Hungría, Bélgica e Italia el gas representó más del 30%, mismo porcentaje que supuso la electricidad en Malta y Suecia.

Centrándonos en la tendencia de consumo en España podemos observar que los productos derivados del petróleo fueron responsables de un 46,8%, doce puntos porcentuales por encima de la media europea, aunque se mantiene el orden de mayor a menor tipo de consumo (Figura 7-3.1 Participación de los productos energéticos en el consumo total de energía final España).

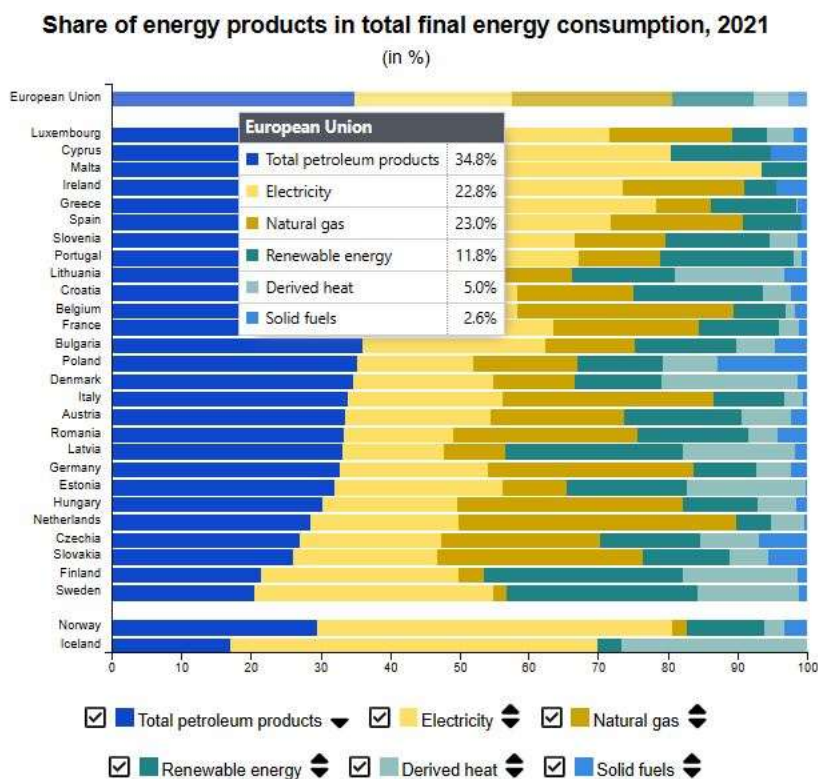


Figura 6-3.1 Participación de los productos energéticos en el consumo total de energía final UE. Fuente: Eurostat

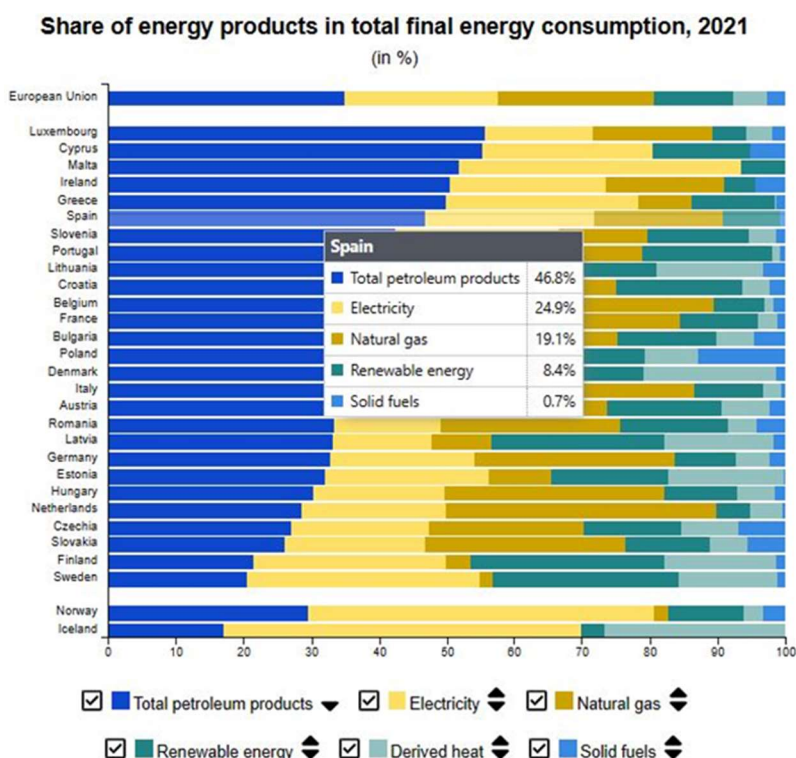


Figura 7-3.1 Participación de los productos energéticos en el consumo total de energía final España. Fuente: Eurostat

El porcentaje de consumo de energía renovable es mayor al que se muestra en las gráficas anteriores, puesto que el grupo que se refiere al consumo de electricidad incluye aquella generada por la eólica, solar fotovoltaica, hidroeléctrica... entre otras.

Los sectores responsables de estos consumos son el transporte (29% del consumo final de energía) seguido de los hogares (28%), la industria (26%), los servicios (14%) y la agricultura y la silvicultura (3%).

3.1.1 Consumo de energía

La UE ha establecido como objetivo para 2030, no superar el consumo de energía primaria en más de 1128 Mtep. En 2021, último año del que se disponen datos según Eurostat, encontramos un consumo de 1309 Mtep un 16% por encima del objetivo a alcanzar. Claramente se puede observar que en 2020 el consumo energético cae de manera brusca debido a la pandemia, lo cual paralizó industrias, transporte y otros muchos sectores consumidores de energía. Aun así, 2021 es el nivel más bajo de consumo después de este año excepcional (Figura 8-3.1.1 Consumo de energía primaria en la UE).

En cuanto al consumo final de energía, que es la energía total consumida por los usuarios finales (hogares, industria, agricultura...) excluyendo la que utiliza el propio sector energético, este ha aumentado con respecto a 1990 en 15,6 Mtep (Figura 9-3.1.1 Consumo final de energía en la UE).

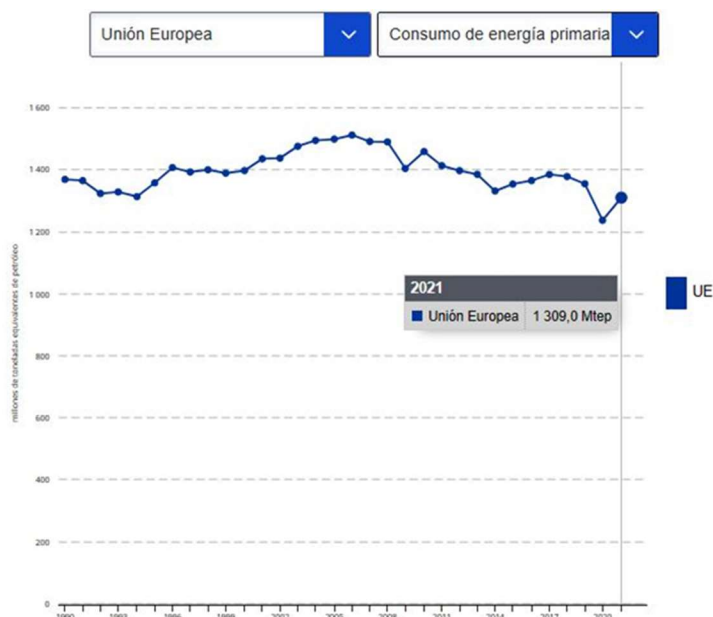


Figura 8-3.1.1 Consumo de energía primaria en la UE. Fuente: Eurostat

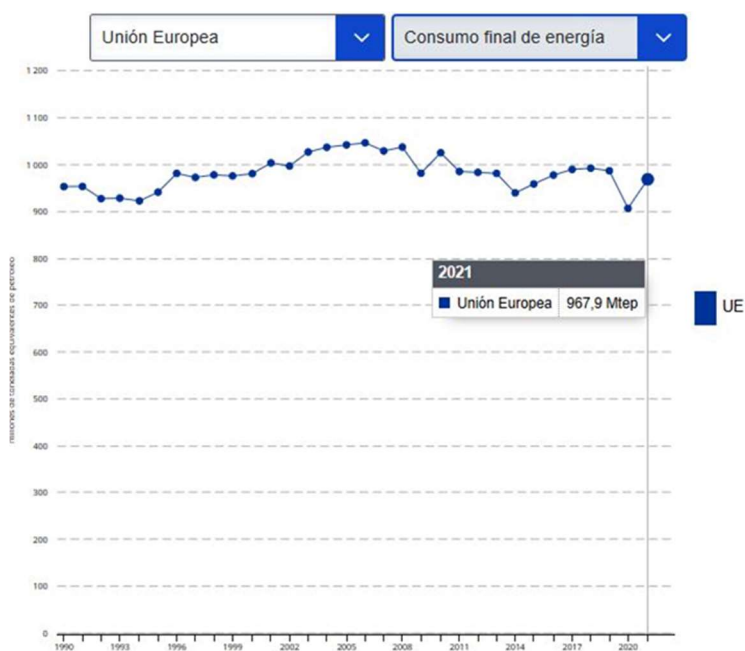


Figura 9-3.1.1 Consumo final de energía en la UE. Fuente: Eurostat

3.2 Producción de electricidad

Aproximadamente el 24% de la energía final consumida es responsabilidad de la electricidad. Esta se obtiene de diversas fuentes y para el año 2021 el 38% fue generada por medio de energías renovables, seguida de los combustibles fósiles (36%) y las centrales nucleares (25%). Dentro de la energía renovable la mayor producción de electricidad se alcanzó con las turbinas eólicas y las centrales hidroeléctricas (13% en ambos sectores) y en menor proporción la energía solar y los biocombustibles (6%).

Es necesario insistir que estos resultados no representan el caso particular de cada uno de los países que conforman la UE sino una media global, pues por ejemplo en el caso de Malta y Chipre más del 80% de su generación eléctrica es fruto de la utilización de combustibles fósiles mientras que en países como Noruega más del 90% proviene de fuentes renovables, en Suecia un 30% y un 65% corresponden a la nuclear y las renovables respectivamente. España cuenta con un 47% de su generación eléctrica renovable seguida de los combustibles fósiles (32%) y la nuclear (21%) (Figura 10-3.2 Producción de electricidad por fuente, 2021).

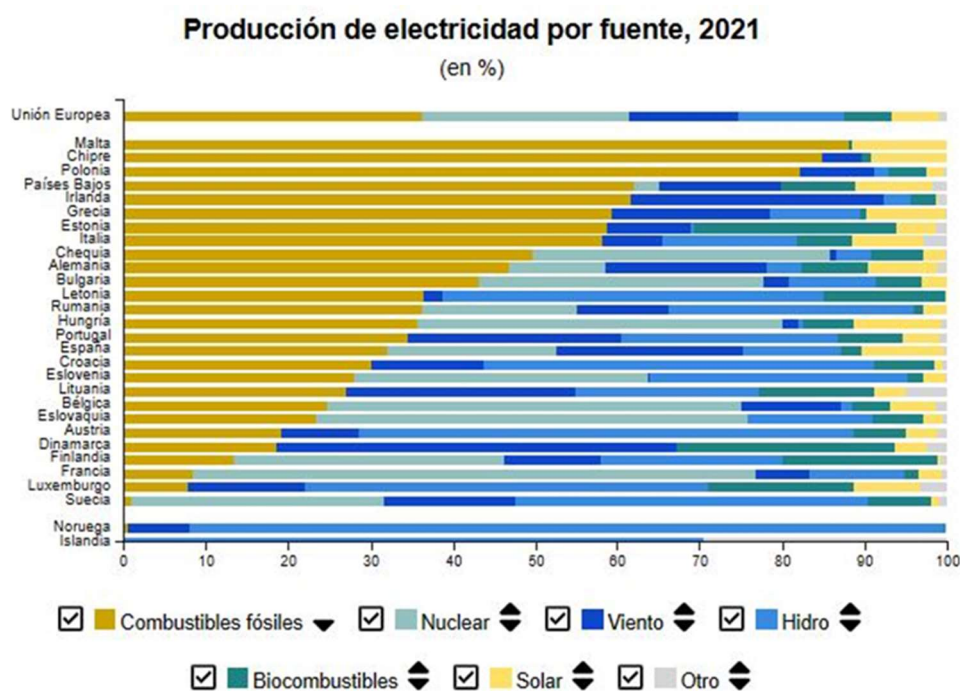


Figura 10-3.2 Producción de electricidad por fuente, 2021. Fuente: Eurostat

3.3 Precio de la electricidad y del gas

Un aspecto de suma importancia estos dos últimos años ha sido el precio de la electricidad y el gas que ha afectado de manera notoria a todos sus consumidores, desde los ciudadanos que la consumen de manera cotidiana en sus hogares, hasta las industrias que hacen uso de ella para poner en marcha las fábricas cada día.

En primer lugar, hablaremos sobre el precio de la electricidad para uso doméstico en la UE para el primer semestre del 2022, donde podemos destacar que los ciudadanos que más alto han pagado el precio de esta han sido los daneses (46€/100 kWh) seguidos de los belgas (34€/100 kWh) y los alemanes (33€/100kWh). Por el contrario, el precio más bajo lo encontramos en Países Bajos (4,5€/100kWh), Hungría (9,5€/100kWh) y Bulgaria (10,9€/100kWh). En España tuvo un precio de 30,7€/100kWh por encima de la media europea (25,3€/100kWh) (Figura 11-3.3 Precio de la electricidad para uso doméstico UE).



Figura 11-3.3 Precio de la electricidad para uso doméstico UE. Fuente: Eurostat

Centrándonos a continuación en el precio del gas en los hogares (calefacción, producción de agua caliente sanitaria, cocinas de gas...) también para el primer semestre de 2022 su precio más alto lo encontramos en Suecia (22,2€/100kWh), Dinamarca (15,1€/100kWh) y Países bajos (12,4€/100kWh) mientras que Hungría (2,9€/100kWh) y Croacia (4,1€/100kWh) contaron con el precio más bajo. En España una vez más nos encontramos por encima de la media europea (8,6€/100kWh) en 9€/100kWh (Figura 12-3.3 Precio del gas en los hogares UE).



Figura 12-3.3 Precio del gas en los hogares UE. Fuente: Eurostat

Para el caso de los consumidores no domésticos, los precios de la electricidad en el primer semestre de 2022 oscilaron entre 25,3 €/100kWh en Italia y 8,1€/100kWh en Finlandia. En este caso España se encontraba justo por encima de la media europea (18,3€/100kWh) con un precio de 18,8€/100kWh (Figura 13-3.3 Precio de la electricidad para consumidores no domésticos UE).



Figura 13-3.3 Precio de la electricidad para consumidores no domésticos UE. Fuente: Eurostat

Los precios del gas natural para los consumidores no domésticos fueron más altos en Suecia y Finlandia (14€/100kWh cada uno), y el más bajo en Bélgica y Alemania (5€/100kWh en ambos casos). Finalmente volvemos a superar la media europea con 7,3€/100kWh frente a 6,5€/100kWh (Figura 14-3.3 Precio del gas para consumidores no domésticos UE).



Figura 14-3.3 Precio del gas para consumidores no domésticos UE. Fuente: Eurostat

Como hemos mencionado anteriormente, debido a situaciones de tensión política y conflictos bélicos activos, los precios de la energía han llegado a máximos históricos. Concretamente en 2022, el precio de la energía marco su pico en un 222% más que el año anterior según el European Power Benchmark.

El brusco incremento de los precios, los riesgos de cortes de suministros y desabastecimientos, sumados a políticas medioambientales de descarbonización, llevaron a la UE a proponer una reforma del mercado eléctrico. Concretamente en septiembre de 2023, el Parlamento Europeo ha comenzado el proceso de negociaciones con el Consejo para implementar el nuevo paquete de medidas.

Los distintos puntos a tratar en esta reforma serían:

- Mayor protección de los consumidores frente a la volatilidad de los precios de la energía
- Evitar la manipulación del mercado energético

3.3.1 Evolución del precio de la energía en los últimos años

Para ver de una manera más visual la evolución del precio de la energía (electricidad y gas) y como esto afecta de manera directa a los consumidores, a continuación, se presenta la evolución de los precios graficados por Eurostat desde el segundo semestre de 2020, una vez ya concluido el confinamiento para así ver una evolución real con todos los consumidores activos en el mercado y fábricas puestas en marcha, hasta el último semestre de 2023.

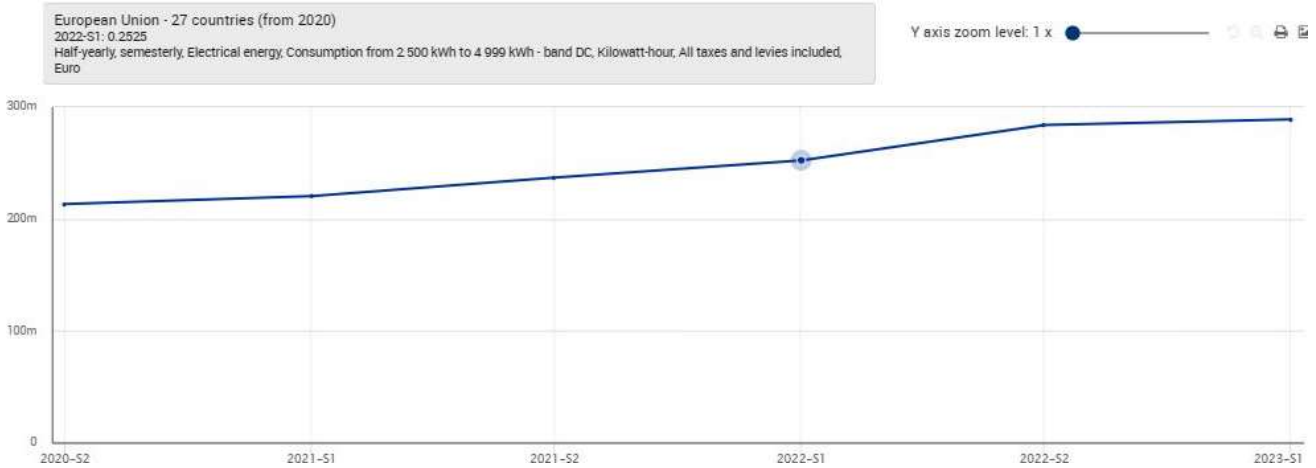


Figura 15-3.3.1 Evolución del precio de la electricidad en los hogares. Fuente: Eurostat

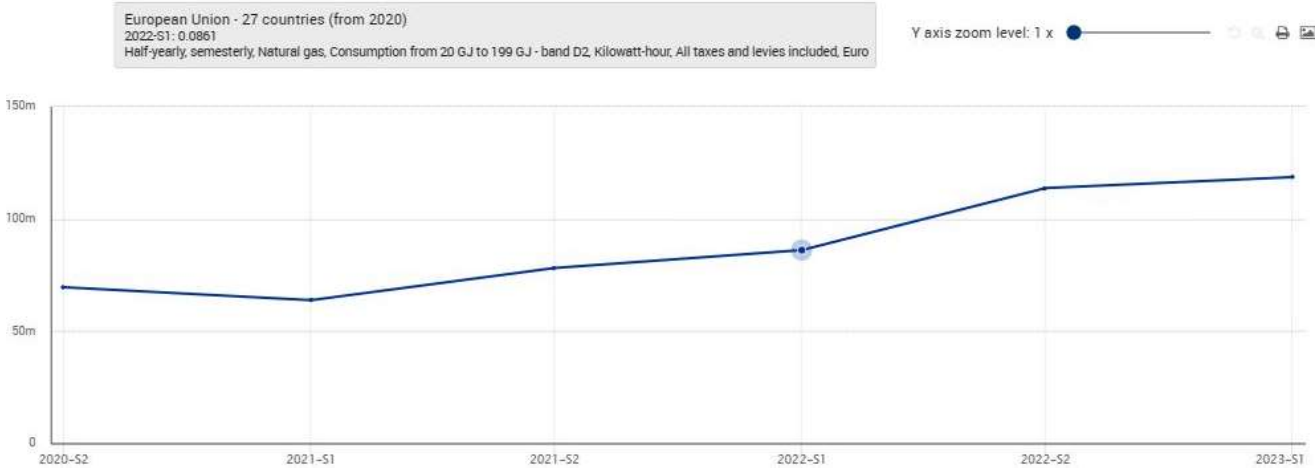


Figura 16-3.3.1 Evolución del precio del gas en los hogares. Fuente: Eurostat

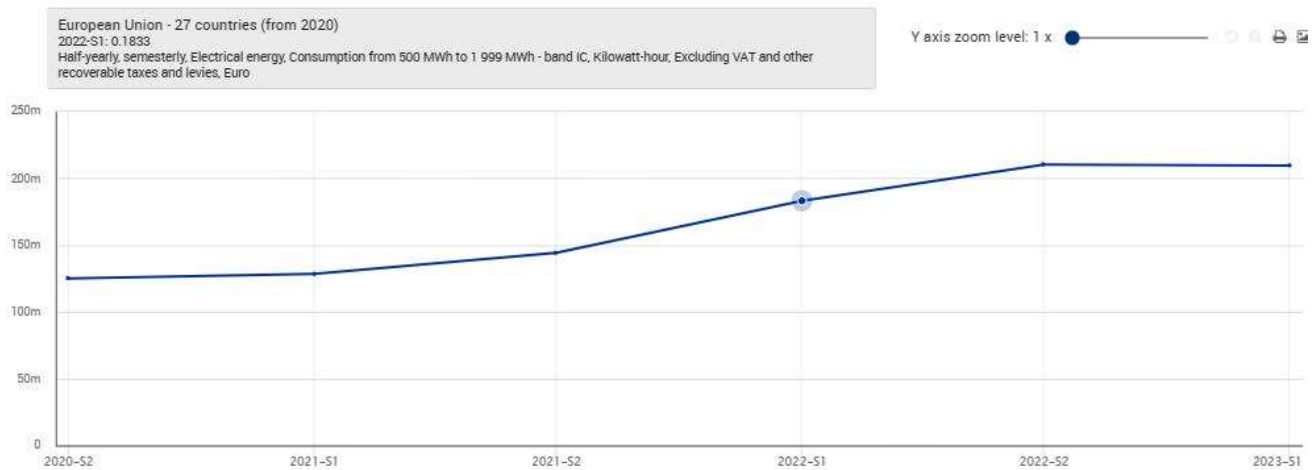


Figura 17-3.3.1 Evolución del precio de la electricidad para consumidores no domésticos. Fuente: Eurostat

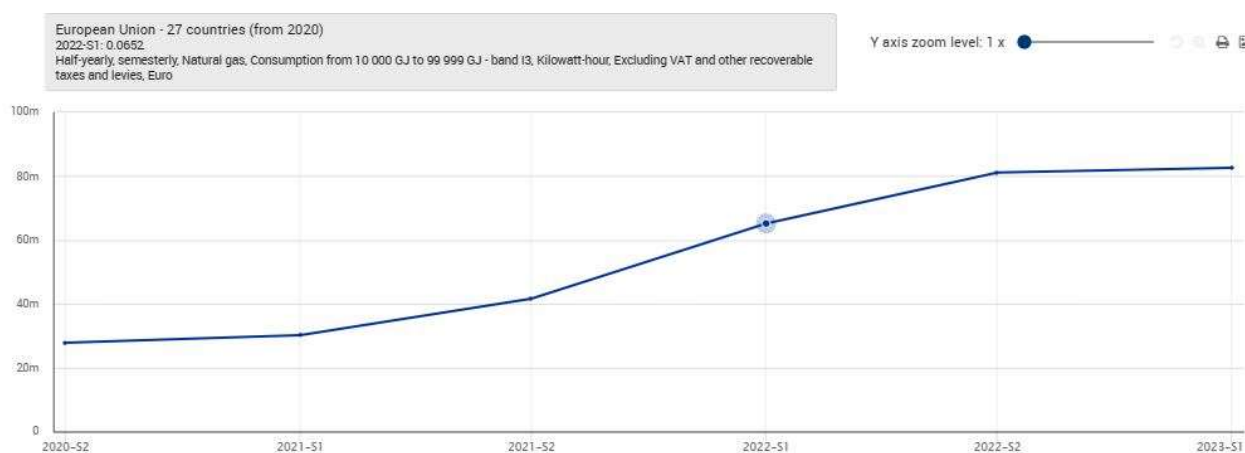


Figura 18-3.3.1 Evolución del precio del gas para consumidores no domésticos. Fuente: Eurostat

Observando detalladamente cómo ha evolucionado el precio de la electricidad obtenemos según los datos recabados por Eurostat un incremento del precio medio de la electricidad para consumidores domésticos y no domésticos del 36% y 67% respectivamente, con respecto al último semestre de 2020.

Si nos centramos ahora en la evolución del precio del gas podemos observar un fuerte aumento, concretamente de un 86% para el consumo doméstico en comparación a su valor el primer semestre de 2021 y de un 197% para consumos no domésticos con respecto a su valor en el segundo semestre de 2020.

Según estos datos podemos afirmar que, para todos los consumos, domésticos y no domésticos, ya sean de gas o electricidad, el precio por kWh mantiene una tendencia al alza. Además, es interesante que en todos los casos la pendiente permanece prácticamente constante una vez comenzado el primer semestre de 2023. Esto se debe fundamentalmente a los planes de acción que la UE ha llevado a cabo para paliar el aumento tan significativo del precio de la energía. Veremos en detalle las distintas propuestas realizadas en el capítulo 4.

3.4 Emisiones de gases de efecto invernadero

Conseguir una mayor independencia energética no sólo traería beneficios económicos, políticos e incluso sociales, sino que también iría acompañada de una reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y una reducción de la huella de carbono, puesto que la apuesta de la UE para la producción autóctona de energía son las renovables, al no tratarse de un continente excesivamente rico en materias primas, tales como productos petrolíferos, gas natural...

La comunidad de científicos, según Eurostat, ha establecido que las emisiones de GEI por parte del ser humano, debido a la quema de combustibles fósiles en centrales eléctricas, automóviles, hogares... así como el sector agrícola y la descomposición de nuestros residuos en los vertederos, son responsables de la subida de la temperatura del planeta de manera abrupta en los últimos 250 años.

Tal y como podemos observar en la gráfica de la Figura 19-3.4 Comparativa emisiones de GEI UE vs España, las emisiones de GEI en la UE han tenido una tendencia a la baja desde el año 1990 con un pequeño repunte entre 2015-2017. En 2020 las emisiones cayeron en más de un 10% con respecto al año anterior y más de 1,5 millones de toneladas equivalentes de CO₂ con respecto a los valores de 1990. Actualmente la UE está cumpliendo con las reducciones previstas, superando en un 12% el objetivo de alcanzar el 20% para 2020 lo cual ha supuesto un nuevo reto, alcanzar el 55% para 2030.

Las emisiones de GEI en España están muy por encima de la media del resto de países, consiguiéndose por primera vez en 2020 estar por debajo de los niveles europeos en los años 90. Entre 1996 y 2007 las emisiones en nuestro país han crecido de manera notoria y es justo a partir de este último año cuando apreciamos una reducción significativa, encontrándonos aun así a 27 puntos por encima de la media europea.



Figura 19-3.4 Comparativa emisiones de GEI UE vs España. Fuente: European Environment Agency

A nivel europeo los sectores responsables de estas emisiones de mayor a menor responsabilidad son combustión de combustibles por los usuarios de energía (excluido el transporte), industrias energéticas, transporte, agricultura, procesos industriales y finalmente desperdicios (Figura 20-3.4 Principales sectores responsables de las emisiones de GEI en la UE). En cambio, en España el sector que más GEI emite es el del transporte con más de un 28% del total (Figura 21-3.4 Principales sectores responsables de las emisiones de GEI en España).

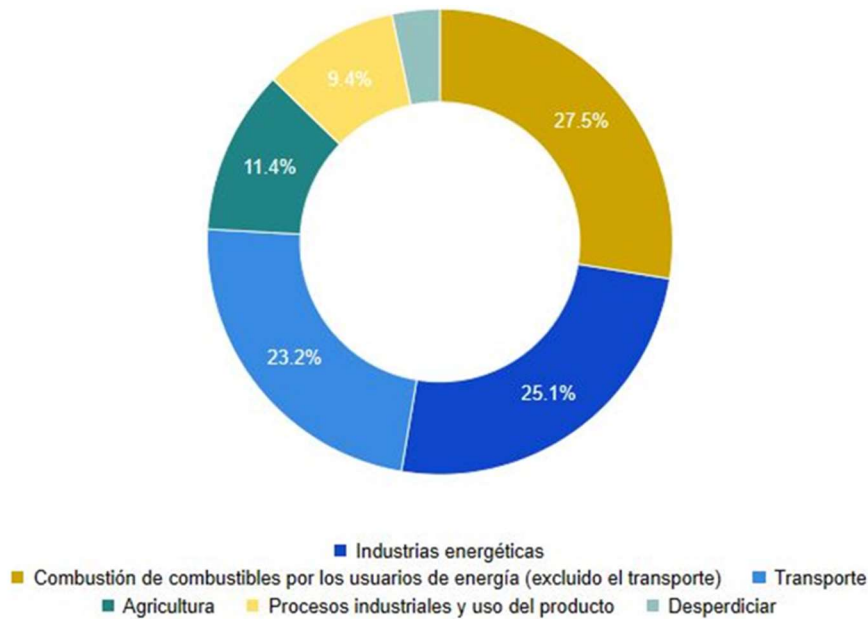


Figura 20-3.4 Principales sectores responsables de las emisiones de GEI en la UE. Fuente: European Environment Agency

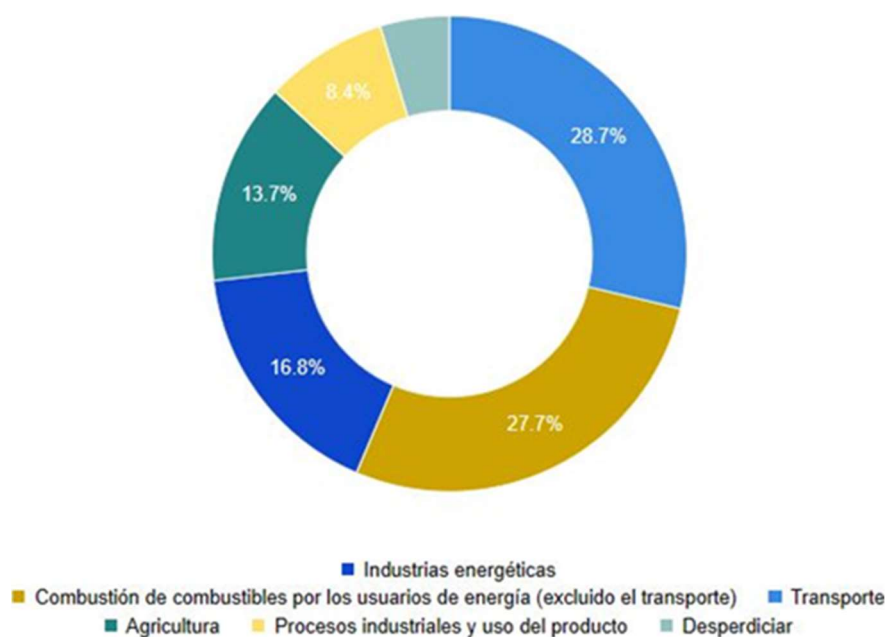


Figura 21-3.4 Principales sectores responsables de las emisiones de GEI en España. Fuente: European Environment Agency

Otro aspecto fundamental para la protección del medio ambiente, reducción de emisiones de GEI, ahorro e independencia energética de países externos a la UE es reducir el consumo energético ahorrando energía o bien aumentando la eficiencia de esta.

4 PROPUESTAS DE LA UE

Debido a la gran dependencia energética, las constantes fluctuaciones del precio de la energía, los efectos derivados de la guerra entre Rusia y Ucrania en la seguridad de abastecimiento energético... entre otros factores, la UE aprobó el 8 de marzo de 2022, y puso en marcha en mayo de ese mismo año, una nueva comunicación sobre el plan REPowerEU. Este plan está ayudando a la UE a ahorrar energía, producir energía limpia y diversificar su abastecimiento energético.

Tal y como declaró la presidenta de la Comisión Europea, Ursula von der Leyen, hace un año Europa era totalmente dependiente de los combustibles fósiles rusos, era víctima de constantes chantajes por parte de este país sobre el corte de suministros y gracias a este plan conseguimos reducir las importaciones rusas de carbón, gas y petróleo a mínimos históricos tal y como se muestra en la Figura 22-4 Reducción de importaciones rusas en la UE desde el comienzo de la guerra:



Figura 22-4 Reducción de importaciones rusas en la UE desde el comienzo de la guerra. Fuente: EC, Audiovisual Service

Gracias a REPowerEU, se ha conseguido proteger a los ciudadanos y las empresas de la UE de la escasez energética, apoyar a Ucrania debilitando las reservas bélicas de Rusia y acelerar la transición hacia una energía limpia. Para ello la UE ha buscado relaciones comerciales en concepto de importación de energía con socios más fiables como Estados Unidos, se ha preparado para cortes de suministros futuros almacenando la mayor cantidad de gas el pasado invierno (un 95% del almacenamiento total), se ha duplicado el despliegue nacional de energías renovables consiguiendo que el 39% de la electricidad consumida en 2022 proviniese de este tipo de energía, ha promovido la solidaridad y el diálogo entre los países miembros para conseguir equiparar el acceso a la energía de manera justa y ha conseguido reducir el consumo de gas en un 18%, gracias especialmente al apoyo ciudadano y la concienciación de todos los europeos sobre el ahorro de energía.

Añadiendo la presidenta en su discurso «El futuro de nuestra industria de tecnologías limpias ha de ser “made in Europe”» y haciendo especial mención a la importancia de cumplir con este plan para el desarrollo de un nuevo modelo económico, social e industrial.

El enlace al video con las declaraciones de la presidenta de la Comisión Europea mencionadas anteriormente corresponde al número [4] de la bibliografía.

4.1 ¿Cuáles son los principales objetivos del plan REPowerEU?

Los objetivos que la UE pretende alcanzar con este plan son:

- Diversificar nuestro suministro de energía: Tras la invasión rusa a Ucrania la UE vio más clara que nunca la necesidad imperativa de diversificar sus fuentes de consumo, para así conseguir erradicar la dependencia energética con respecto a un solo país y evitar ser víctima de chantajes en cuanto a precios y suministros se refiere. Para ello está estableciendo acuerdos con otros terceros países como Egipto e Israel para las importaciones de gas por gasoducto, invirtiendo en la adquisición común de Gas Natural Licuado (GNL), estableciendo asociaciones estratégicas con Namibia, Egipto y Kazajistán para garantizar un suministro seguro y sostenible de hidrógeno renovable.

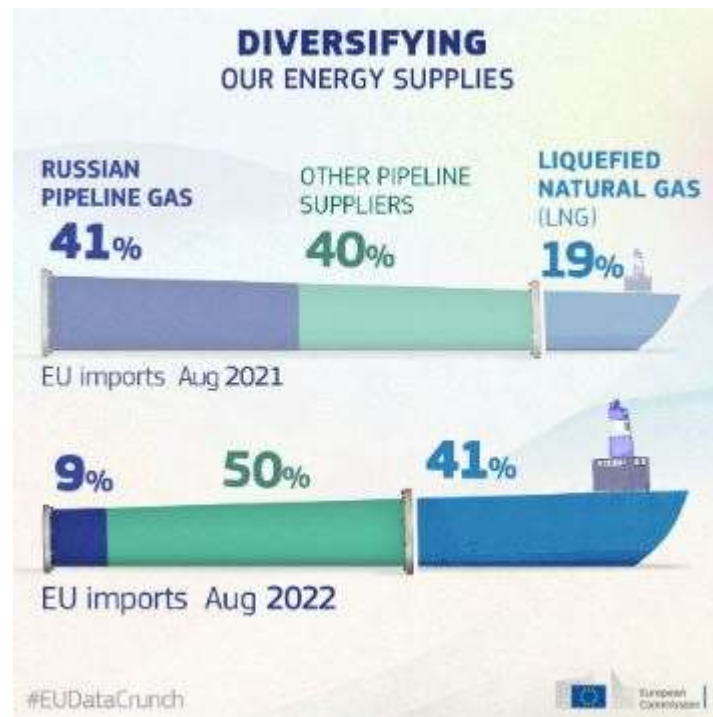


Figura 23-4.1 Reducción de las importaciones de gas ruso agosto 2022. Fuente: REPower EU, Comisión Europea

- Garantizar un suministro de energía asequible: La Plataforma de Energía de la UE, creada en abril de 2022, ha desempeñado un papel clave en la diversificación del suministro energético ayudando a coordinar la acción de la UE y las negociaciones con los proveedores de gas externos, evita la competencia interna y mejora las condiciones para los consumidores de la UE. Tras la invasión rusa a Ucrania, la UE propuso la adquisición común de gas para garantizar el acceso a energía asequible y evitar interrupciones. En mayo de 2023, recibió ofertas de 25 empresas proveedoras, superando en 1800 millones de metros cúbicos la demanda conjunta de la primera licitación. Para prevenir apagones y escasez de electricidad, los países de la UE acordaron llenar las instalaciones de almacenamiento de gas antes del invierno. El objetivo del año pasado era alcanzar el 80% de capacidad para el 1 de noviembre de 2022, pero los países trabajaron juntos y lograron el 95%. El nuevo objetivo anual para los próximos inviernos es llegar al 90% de capacidad antes del 1 de noviembre, y este año la UE ya cumplió con ese objetivo a mediados de agosto (Figura 24-4.1 Almacenamiento de gas UE).

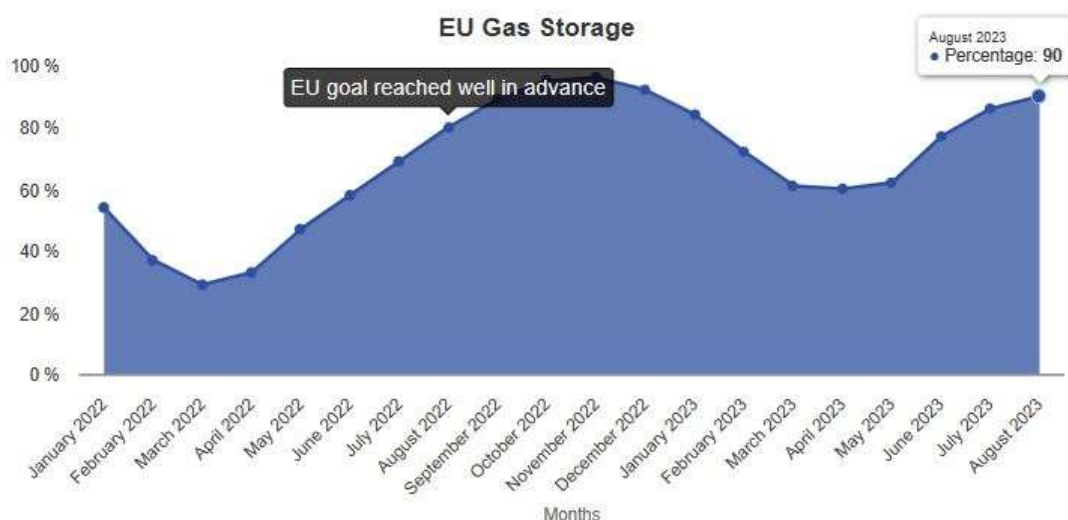


Figura 24-4.1 Almacenamiento de gas UE. Fuente: REPower EU, Comisión Europea

- **Ahorro de energía:** El ahorro de energía se destaca como la forma más económica, segura y limpia de reducir la dependencia de las importaciones de combustibles fósiles de Rusia en la UE. Los Estados miembros, en conjunto, acordaron reducir voluntariamente el consumo de gas en un 15% durante el pasado invierno, aunque algunos países estén más expuestos al gas ruso que otros, la cooperación y el intercambio de gas entre los Estados miembros son imperativos para mitigar posibles perturbaciones futuras y para que la Transición Energética sea catalogada como una transición justa.
- **Inversión en energías renovables:** Durante el año 2022 se ha conseguido batir un récord en generación alcanzando 41GW de capacidad de energía solar instalada y en el caso de la eólica aumentándola en 16 GW, por primera vez superando a la generación a partir de gas y además el 39% de nuestra electricidad proviene de fuentes renovables (Figura 25-4.1 Hitos de las renovables a nivel europeo). Además, en marzo de 2023, la UE aumentó su objetivo a un 42,5 % de generación eléctrica renovable para 2030, con la ambición de alcanzar el 45 %, lo que casi duplicaría la cuota actual de energías renovables en la Unión. Para lograrlo, en febrero de 2023 propusieron un Plan Industrial del Pacto Verde para Europa.

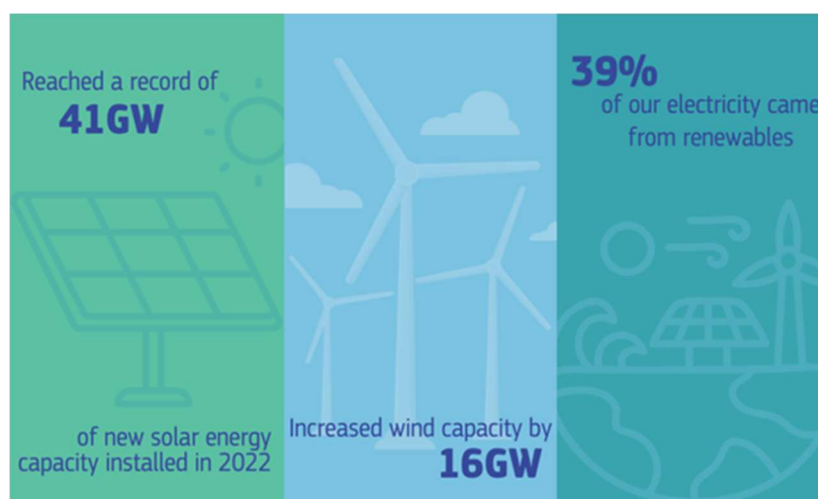


Figura 25-4.1 Hitos de las renovables a nivel europeo. Fuente: REPower EU, Comisión Europea

4.2 ¿Cómo se financia el plan REPowerEU?

Para la puesta en marcha de este plan la UE ha realizado una inversión estimada en 300.000 millones de euros, 72.000 millones de euros en subvenciones y unos 225.000 millones de euros en préstamos (Figura 26-4.2 Financiación del plan REPowerEU). Alrededor de un 3% del presupuesto total ira destinado a los enlaces pendientes para el gas y el GNL, haciendo hincapié en que ningún Estado miembro se quede fuera, y hasta 2.000 millones de euros invertidos en infraestructuras petrolíferas para poner fin al transporte de petróleo procedente de Rusia. Finalmente, cerca del 95% del presupuesto total ira destinado a la transición de la UE hacia la descarbonización y la neutralidad energética.

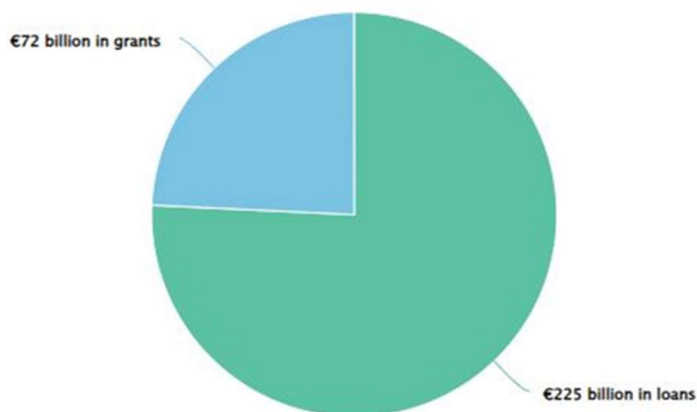


Figura 26-4.2 Financiación del plan REPowerEU. Fuente: REPower EU, Comisión Europea

4.3 ¿En qué consiste el Plan Industrial del Pacto Verde para Europa?

Este tiene como principal objetivo aumentar la competitividad de la industria de la UE promoviendo una economía más sostenible, resiliente y digitalizada que además genere puestos de empleo.

La industria es uno de los sectores más importantes en la UE pues es responsable de más del 20% de nuestra economía, de ella dependen 35 millones de puestos de trabajo y más del 80% de las exportaciones de bienes provienen de este sector. Además, ocupa el primer puesto a nivel mundial en campos de gran importancia tales como productos farmacéuticos, ingeniería mecánica y moda.

La estrategia industrial para Europa se centra en los siguientes aspectos clave:

- reforzar la resiliencia del mercado único
- responder a las dependencias estratégicas de la UE
- acelerar las transiciones ecológica y digital

Todo esto garantizaría la autonomía estratégica reduciendo así la dependencia que tiene la UE de terceros países en cuanto a materias primas, alimentos, infraestructura y seguridad. Gracias a este plan se podrían desarrollar mercados, productos y servicios que impulsaran la competitividad en la UE.

Este plan pretende acelerar el proceso de transformación de la UE hacia la senda de la neutralidad climática y el alcance de una industria con cero emisiones netas para lo cual la Comisión realizó las siguientes propuestas:

- Un Reglamento sobre una industria de cero emisiones netas, cuyo objetivo es aumentar la producción de tecnologías limpias en la UE;
- Un Reglamento de Materias Primas Fundamentales;
- Una reforma de la configuración del mercado de la electricidad.

Destacando de las anteriores propuestas el Reglamento de Materias Primas Fundamentales, este busca la diversificación de las cadenas de suministros de materias primas fundamentales para eliminar la dependencia de un grupo reducido de terceros países elevando así el nivel de materia reciclada y procesada, reforzando los criterios de sostenibilidad y creando un marco de diálogo entre los diferentes Estados miembros para que tengan en cuenta las diferentes situaciones y necesidades existentes. Este reglamento establece cuatro objetivos clave para aumentar la contribución de las materias primas europeas:

- que al menos el 10 % de nuestro consumo anual se extraiga de la UE;
- que al menos el 40 % del consumo se procese en la UE;
- que al menos el 15 % del consumo proceda de reciclado interno;
- que no más del 65 % del consumo anual de la Unión proceda de un único tercer país.

4.4 Corredor de hidrógeno verde europeo H2Med

La UE ha desarrollado un listado de 166 proyectos denominados Proyectos de Interés Común (PCI) que incluyen al corredor H2Med, la Red Troncal Española de Hidrógeno y dos almacenamientos subterráneos de hidrógeno.

El proyecto H2Med (Figura 27-4.4 Mapa H2Med), que será el primer “gran corredor de hidrógeno de la Unión Europea” e interconectará a Portugal y España con Francia para transportar este vector energético, tendrá un coste total de en torno a 2.850 millones de euros. Del coste total, unos 2.500 millones de euros, corresponderán al nuevo hidroduto submarino que se construirá entre Barcelona y Marsella (BarMar), y cerca de unos 350 millones de euros corresponderán al tramo entre Celorico da Beira y Zamora (CelZa), parte del proyecto entre Portugal y España.

BarMar dispondrá de una capacidad máxima de dos millones de toneladas, una longitud de 455 kilómetros y de una estación de compresión en Barcelona de 140 MW. Su plazo de ejecución estimado será de 56 meses, incluyendo 26 meses para obtener los permisos, y está previsto que empiece a construirse en 2025.

Por otro lado, CelZa contará con una capacidad máxima 0,75 millones de toneladas de hidrógeno renovable, una longitud 248 kilómetros y dispondrá de una estación de compresión en Zamora de 24,6 MW. Se prevé que esté ejecutado en un plazo de unos cuatro años, incluyendo los meses necesarios para la obtención de los permisos.

El presidente del Gobierno español afirmó que el objetivo es que la infraestructura esté “finalizada y operativa” en 2030 y permita exportar en ese horizonte el 10% del consumo total del continente, que asciende a unos 20 millones de toneladas entre producción propia (10 millones de toneladas) e importaciones (10 millones de toneladas).

Los tramos iniciales designados como PCI en la Red Troncal Española de Hidrógeno abarcan el Eje Vía de la Plata, con su conexión al Valle de Hidrógeno de Puertollano, que alcanzan una longitud de aproximadamente 1.250 km. Además, se incluye el Eje que comprende los tramos de la Cornisa Cantábrica, del Valle del Ebro y de Levante, que suponen unos 1.500 km. En conjunto, estos tramos contemplan la incorporación de dos almacenamientos subterráneos de hidrógeno en Cantabria y el País Vasco, emplazados en nuevas cavidades salinas, con una capacidad estimada de 335 y 240 GWh, respectivamente.

La implementación de los proyectos asociados a la Red Troncal Española de Hidrógeno, junto con los almacenamientos considerados como indispensables para su operación eficiente, implicaría una inversión aproximada de 4.600 millones de euros.

La inclusión del corredor H2Med, la Red Troncal Española de Hidrógeno y los dos almacenamientos subterráneos de hidrógeno en la lista de PCI, una vez que se haya ratificado en el Parlamento y el Consejo Europeo a principios de 2024, contribuirá significativamente al avance en la consecución de los objetivos establecidos por el plan RePowerEU en materia de independencia energética, competitividad industrial y descarbonización.



Figura 27-4.4 Mapa H2Med. Fuente: noctula.pt

4.4.1 ¿Es tan idílico todo lo que envuelve al hidrógeno verde?

En primer lugar, podemos comenzar definiendo el hidrógeno verde como la producción de hidrógeno a partir de fuentes de energía renovable, como la energía solar, eólica o hidráulica. A diferencia del hidrógeno gris, que se obtiene a través del reformado por vapor de gas natural, el hidrógeno verde no emite gases contaminantes a la atmósfera.

El hidrógeno verde se obtiene por un proceso de electrólisis que consiste en separar las moléculas de agua (H_2O) en oxígeno (O_2) e hidrógeno (H_2) (Figura 28-4.4.1 Producción del hidrógeno verde). Básicamente se realiza sumergiendo dos electrodos en agua con sales y minerales que conducen electricidad y aplicando una corriente continua. Durante este proceso se produce una reacción de oxidación-reducción por efecto de la electricidad, que cabe recalcar que para ser calificado como verde esta tiene que provenir de fuentes renovables.

El hidrógeno verde posee numerosas ventajas de las que destacamos que es una fuente de energía limpia, por lo que no produce emisiones de CO_2 ni otros gases contaminantes durante su producción o su uso, es versátil, 100% renovable, lo que ayuda a reducir las emisiones de GEI y además es muy abundante.

Pero también posee una serie de desventajas que suponen una serie de retos, en materia de investigación e inversión, para cumplir con los planes de expansión de la UE como apuesta como combustible del futuro. Desde el punto de vista de la eficiencia, en la actualidad, el hidrógeno renovable no sobresale como la opción más atractiva. Se evidencian pérdidas considerables de energía a lo largo de todo el proceso de producción, que abarca desde la electrólisis hasta las fases de transporte, almacenamiento y distribución, pudiendo alcanzar hasta un 80%, según datos proporcionados por el instituto de investigación independiente Hydrogen Science Coalition. Además, su baja densidad y propiedades físicas complican y encarecen su transporte en comparación con otros combustibles pues hay que tener en cuenta que el hidrógeno es el primer elemento de la tabla periódica, por lo que su molécula es tremendamente pequeña, difícil de contener, corroe el carbono, es difícil su expansión...

También cabe destacar que presenta problemas en términos de infraestructura y seguridad debido a que es altamente volátil e inflamable por lo que existe un riesgo a la hora de su manipulación y, por ejemplo, la recarga de vehículos de hidrógeno debería ser realizada por expertos para no poner en riesgo la seguridad de las personas.

Conforme a fuentes oficiales, el consumo actual de hidrógeno en España destinado a la industria, principalmente en refinerías y metalurgia, se sitúa en aproximadamente 500.000 toneladas al año, siendo en su mayoría (99.99%) derivado de combustibles fósiles como el metano. Solo el 0.01% del total de hidrógeno producido anualmente (50 toneladas) se obtiene a partir de fuentes renovables.

El Gobierno tiene la intención de que, para el año 2030, al menos el 25% del consumo sea de origen renovable, equivalente a 125,000 toneladas al año. Pero considerando que la producción de 1 kilogramo de hidrógeno requiere aproximadamente 60 kWh y que, en términos generales, la energía fotovoltaica genera alrededor de 2,000 horas al año, mientras que la energía eólica se encuentra en un rango de 2,500 a 4,000 horas al año (ninguna tecnología genera de manera continua las 24 horas del día durante los 365 días del año), para reemplazar totalmente el hidrógeno producido a partir de metano por energías renovables, se necesitarían 30 TWh, lo que equivale a un promedio de 12 GW de excedentes renovables no inyectados en la red.

Esto significa que numerosas plantas de generación renovables, fotovoltaicas y eólicas en su mayoría, se destinarían sólo y específicamente al aporte de electricidad limpia para el proceso de electrólisis de obtención del hidrógeno. Además, los recursos hídricos de España son limitados por lo que habría que contar con un aporte extra de energía para la desalinización del agua, que también conlleva pérdidas. Es cierto que las renovables son baratas y presentan una buena eficiencia por lo que quizás habría que plantear hasta qué punto puede resultar rentable centralizar una buena parte de su producción en un proceso tan ineficiente como la producción de hidrógeno.

Una buena idea podría ser los valles de hidrógeno, es decir, producir y consumir el hidrógeno en el lugar de producción lo cual beneficiaría enormemente a la región de Andalucía, pero no cuadraría con la mentalidad de comunidad energética y transición justa de la UE.

Un aspecto de investigación que podría suponer un avance en lo que al hidrógeno verde se refiere, es la posibilidad de transportarlo por los gasoductos de gas natural existentes. La ventaja principal es que la infraestructura para ello ya existe, por ejemplo, España tiene una red de gas muy extensa e instalaciones de almacenamiento en gran número, que permitirían el suministro de hidrógeno adicional a la red de gas natural y su correspondiente distribución por Europa a través del futuro H2Med. En algunos proyectos piloto en Alemania, el hidrógeno verde producido a nivel regional ya se está agregando a la red local de gas natural. Sin embargo, debido a que el hidrógeno tiene propiedades completamente diferentes a las del gas natural, solo se puede alimentar a la red de gas natural existente en cantidades limitadas.

Actualmente científicos del Instituto Fraunhofer IKTS están desarrollando membranas como capa de separación permeable para recuperar hidrógeno de la mezcla de gas natural. En el proceso de fabricación ideado por los científicos alemanes, el carbono se aplica como una capa fina a un material portador cerámico poroso. Los poros de esta capa de carbono tienen un diámetro particularmente pequeño de menos de un nanómetro, lo que los hace especialmente adecuados para separar mezclas de gases. De esta forma, se obtiene hidrógeno con una pureza del 80 por ciento. Asimismo, filtrando los residuos de gas natural restantes en una segunda etapa de separación, se consigue una pureza superior al 90 por ciento. Esto supone un avance clave en la distribución y transporte de este gas renovable como sustituto al ya conocido gas natural.

Es innegable que el hidrógeno renovable presenta promesas significativas y que desempeñará un papel destacado en la transición energética. Sin embargo, persisten desafíos sustanciales en términos de rentabilidad económica las cuales plantean diversos desafíos relacionados con su producción, almacenamiento y distribución.

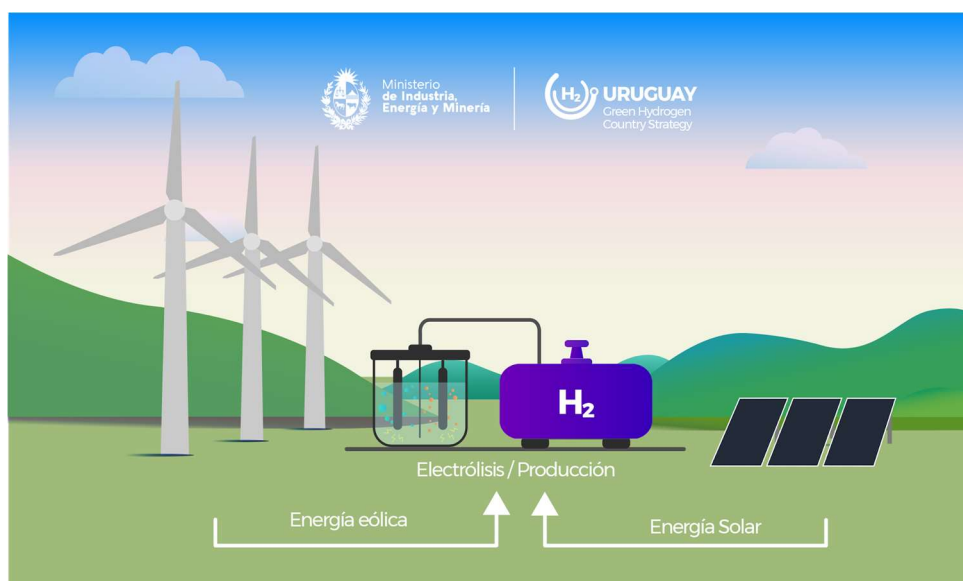


Figura 28-4.4.1 Producción del hidrógeno verde. Fuente: Ministerio de Industria, Energía y Minería

5 FLUCTUACIÓN DEL PRECIO DEL COMBUSTIBLE A LO LARGO DE LA HISTORIA

Además de la anteriormente mencionada guerra de Ucrania, que ha puesto en riesgo la seguridad de abastecimiento de la UE y ha obligado a esta a buscar un plan de futuro para mantener su economía lejos de conflictos políticos externos, que sin embargo nos afectan de manera directa, encontramos a lo largo de la historia otros sucesos que han disparado el precio de la energía como:

5.1 La Guerra Israel-Palestina

Como hemos nombrado en numerosas ocasiones, la dependencia energética de la UE le lleva a sufrir situaciones críticas ocasionadas por cortes de suministros. Esto no ha ocurrido por primera vez tras comenzar la guerra de invasión rusa a territorio ucraniano. A lo largo de la historia han tenido lugar varios sucesos y acontecimientos que han encarecido el precio de los combustibles fósiles, y han puesto en la cuerda floja la seguridad del abastecimiento y suministro energético en la UE.

Hace pocos días, con respecto al momento en el que se aborda este tema, concretamente el 7 de octubre de 2023 tuvo lugar la invasión del grupo militante palestino Hamás a Israel lo cual causó 600 muertos en tan sólo 3 días y numerosos secuestros de civiles. El lunes tras abrirse de nuevo el mercado financiero ha tenido lugar un aumento del precio del barril de petróleo Brent y WTI en un 4,20% y un 4,29% respectivamente, aproximándose a los 90 dólares.

Aún peor parado ha salido el precio del gas natural, esencial para la industria y las calefacciones en Europa y cuya cadena de suministro está aún más tensa que nunca por el ya existente conflicto ruso-ucraniano, se anota en tan sólo un fin de semana una subida de más del 12% tras el cierre del yacimiento israelí de Tamar.

Tras los recientes rumores de que Irán ayudó a Hamás a organizar su ataque, y que Estados Unidos ha anunciado que enviará buques de guerra a la región, Ipek Ozkardeskaya, analista sénior de Swissquote Bank, afirmó que «el barril de petróleo se ha encarecido ya que los temores a una posible represalia contra Irán amenazan el paso de los buques que transportan petróleo a través del Estrecho de Ormuz y cambian la retórica del mercado de una potencial desaceleración de la demanda mundial de petróleo a una oferta mundial ajustada».

¿Este miedo a que el conflicto entre Israel y Palestina, con intermediación de otros países árabes como Irán, encarezca el precio del petróleo es nuevo o surge por una experiencia anterior?

Los países árabes (Egipto, Siria, Arabia Saudí, Baréin, Catar, Emiratos Árabes Unidos, Kuwait e Irak) productores de petróleo decretaron el 17 de octubre 1973 un embargo contra Occidente. Buscaban presionar a Estados Unidos y a sus aliados para que dejaran de apoyar a Israel en la guerra del Yom Kipur y que el Estado hebreo devolviese a Siria y Egipto los territorios ocupados en 1967. Su táctica fue utilizar el petróleo como arma diplomática, encareciendo el precio de su petróleo en un 17% en tan sólo un día y cortando por completo el suministro a Estados Unidos y Países Bajos. Con esta acción buscaban forzar a la Casa Blanca para que instara a Israel a reconocer la soberanía y legitimidad de Palestina.



Figura 29-5.1 Evolución del territorio ocupado por Israel desde 1946. Fuente: izquierdadiario.es

La resiliencia y la unión de los países árabes hicieron que la producción cayese un 25% y que el precio del barril se cuadruplicase en tan solo seis meses. Esto afectó sobre todo a Estados Unidos, Europa occidental y Japón, ya que más del 40% de su consumo energético dependía del petróleo.

Finalmente, este ataque con el precio del petróleo como arma surgió efecto, pues Washington acabó ejerciendo tal presión a Israel que finalmente este firmó un armisticio con Egipto devolviéndole así la península de Sinaí y con Siria prometiéndole que abandonaría los Altos de Golán, cosa que no cumplió pues sigue ocupado a día de hoy, así como Gaza y Cisjordania, así como tampoco reconoció los derechos del pueblo palestino.

En cuanto a Occidente, el embargo conllevó una crisis económica debido a la subida del precio del petróleo que provocó un aumento de la inflación y del desempleo en las economías de Estados Unidos y Europa occidental. También se produjo un cambio con respecto al mix energético, con apuestas por las energías renovables y por la energía nuclear para reducir la dependencia de las economías occidentales del petróleo. Pero, sobre todo, el embargo provocó cambios geopolíticos: las relaciones entre Washington y sus aliados se tensaron por las diferencias respecto al conflicto israelí-palestino, y Estados Unidos comenzó su periodo de intervenciones militares en Oriente Próximo.

5.2 El cierre del gasoducto del Magreb

El pasado 31 de octubre de 2021, debido a las tensiones diplomáticas y las crispaciones políticas entre Marruecos y Argelia, tuvo lugar el cierre del gasoducto del Magreb, por parte de Argelia, que a través del estrecho de Gibraltar alimentaba el 10% del consumo de gas en España (Figura 30-5.2 Cierre del gasoducto del Magreb).

Es importante recalcar que el gas natural es la segunda fuente de producción de electricidad en nuestro país, después de la eólica, y juega un papel fundamental cuando la presencia del viento en la península es baja. La mayor parte del gas, concretamente un 56%, va destinado al uso industrial.

El gas que llega a España lo hace por dos vías distintas. Por un lado, el 63% (gas natural y GNL) llega por barco, a través de grandes buques metaneros, mientras que el 37% lo hace por medio de gasoductos. De la totalidad del gas que llega a través de gasoductos, el 74% proviene de Argelia y un 30% del Magreb-Europa, el cual sufrió el cierre.

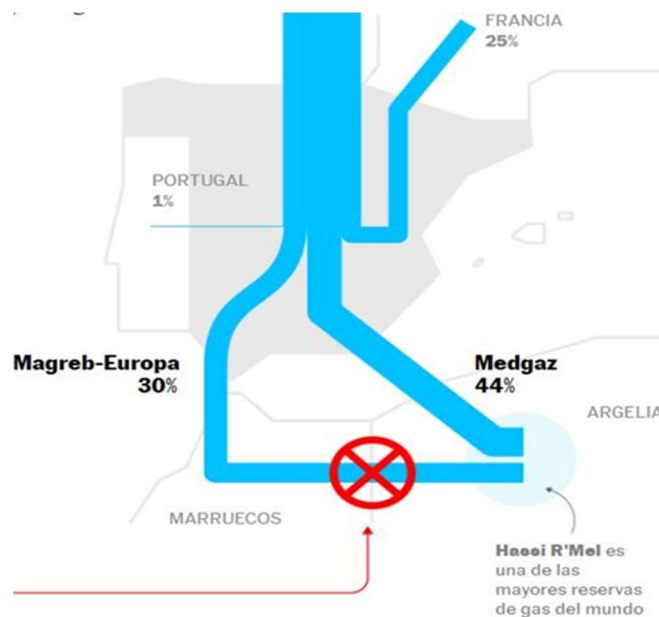


Figura 30-5.2 Cierre del gasoducto del Magreb. Fuente: elpais.com

El motivo principal por el cual Argelia cierra este gasoducto es que para llegar hasta España debe recorrer 540 km de territorio marroquí. Tras las grandes pérdidas, Argelia decide ampliar el gasoducto de Medgaz de los 8000 millones de metros cúbicos de capacidad máxima hasta los 10500. En el año 2020 el gasoducto del Magreb aportó 6000 millones de metros cúbicos de gas de los 13000 millones totales. Una alternativa para suplir esta pérdida sería realizar el transporte por barco, pero este medio es mucho más contaminante, supone más riesgos en términos de seguridad y además es más caro. El principal problema es que para transportar el gas por barco es necesario licuarlo y una vez llegue a su destino gasificarlo de nuevo, esto supone un proceso más largo y complejo (Figura 31-5.3 Inconvenientes del transporte del gas en barco). Además, al encarecer el precio del transporte también aumentaría el precio del gas, lo cual afectaría a los consumidores quizás no dispuestos a aceptar un aumento del precio de este, habiendo alcanzado ya máximos históricos de hasta una subida del 400% con respecto a años anteriores.

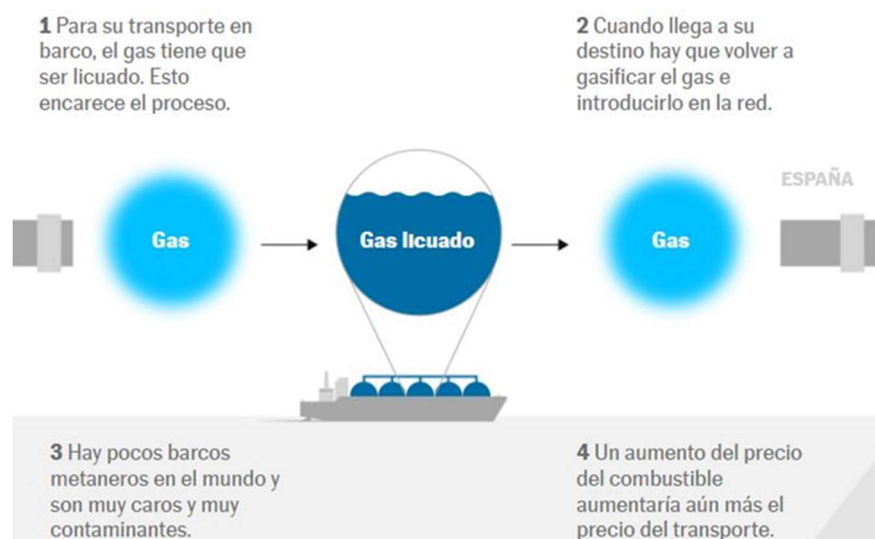


Figura 31-5.3 Inconvenientes del transporte del gas en barco. Fuente: elpais.com

Esto insta aún más a la UE para apostar por las renovables como principal vía a la tan mencionada Transición Energética, y aún más en el caso de España, país en el que la mayor parte de suministro de gas proviene de territorios del norte de África y del Golfo de Guinea, zonas tensionadas con alta inestabilidad geopolítica.

5.3 ¿Cómo afecta la inflación al precio del combustible?

En primer lugar, es necesario definir el concepto de inflación antes de ver como esta puede influir en el precio del combustible. La inflación es el aumento generalizado y sostenido de los precios de bienes y servicios en un país durante un periodo de tiempo sostenido, normalmente un año. Cuando el nivel general de precios sube, con cada unidad de moneda se adquieren menos bienes y servicios. Es decir, que la inflación refleja la disminución del poder adquisitivo de la moneda.

Para medir el crecimiento de la inflación se utilizan índices. El índice de medición de la inflación es el Índice de Precios al Consumidor (IPC). Este indicador tiene como función cuantificar la variación promedio de los precios de una cesta de bienes y servicios consumidos por los hogares en un país. De este modo, posibilita la comparación del precio de los productos en distintos periodos de tiempo.

Una vez definido y comprendido este concepto podemos comenzar a profundizar sobre la influencia que tiene la inflación sobre el precio del combustible. Una de las causas fundamentales por las cuales la inflación incide en el precio de la gasolina radica en los costes asociados a la producción. Cuando los precios de los productos utilizados en el proceso de fabricación experimentan incrementos, los costes también se elevan, repercutiendo directamente en el precio final del producto. En el caso específico de la gasolina, los costes de producción están vinculados a la extracción del petróleo, su refinación y el transporte del combustible. En la extracción, los precios de equipos y materiales aumentan, afectando a la rentabilidad de las empresas petroleras. En cuanto a la refinación, los productos químicos y los equipos utilizados también suben de precio, junto con los costes laborales, ya que generalmente tras importantes subidas del IPC los salarios de los trabajadores se regulan respecto a este, lo cual se traduce en mayores gastos para las empresas. El transporte de la gasolina se lleva a cabo en grandes cantidades a través de tuberías y barcos, lo que implica un importante gasto de capital. Además, los costos de transporte en general aumentan cuando la inflación se acelera porque se necesita más dinero para adquirir combustible y mantener los equipos de transporte en buen estado.

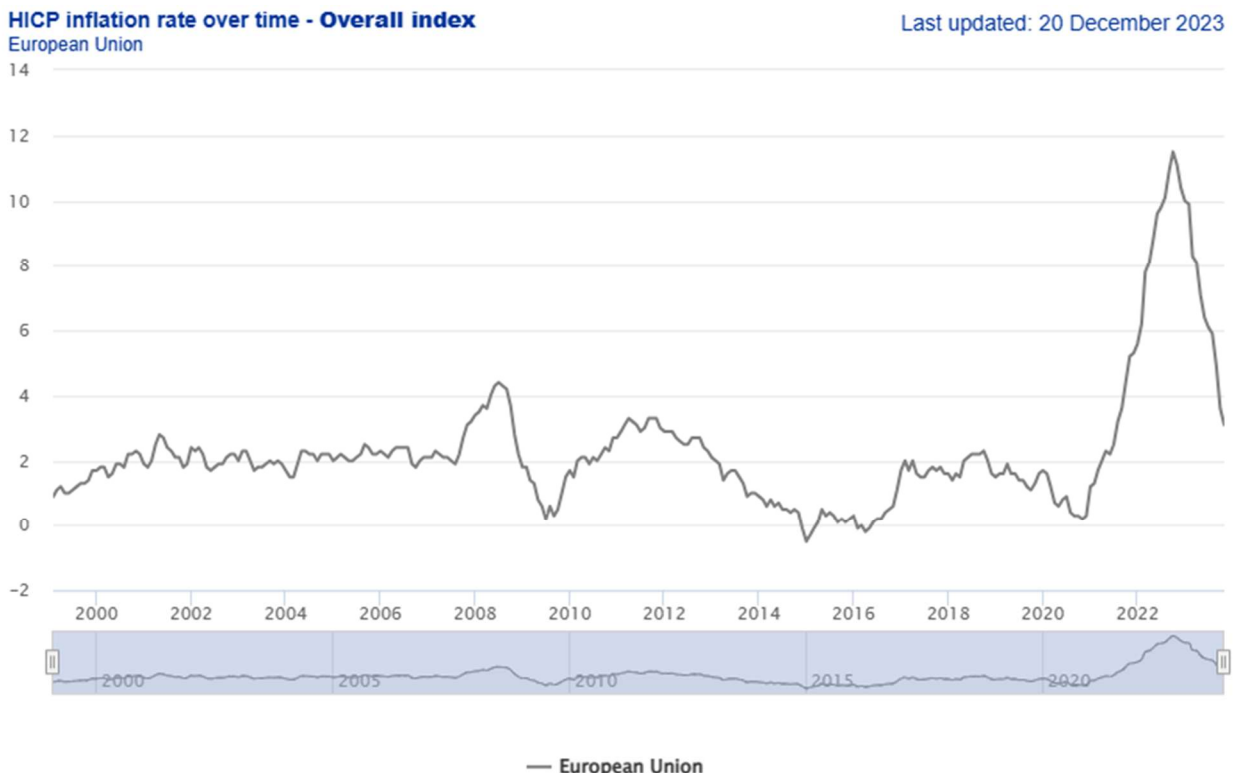


Figura 32-5.3 HICP inflation rate over time. Fuente: European Central Bank

Si analizamos la gráfica de la Figura 32-5.3 HICP inflation rate over time. Fuente: European Central Bank Figura 32 podemos observar que la inflación sufre un aumento notable en cuatro periodos de tiempo clave en nuestro continente. Concretamente estos periodos coinciden con la conocida crisis del euro vivida en 2008, debido a que la burbuja inmobiliaria y de crédito que venían inflándose en EE. UU., junto con la creación de instrumentos financieros de alto riesgo, estalló en 2008 y salpicó gravemente a la economía global con una inflación del 4.1%, así como en la recesión a nivel mundial en 2012 con una inflación del 3%.

Además, aunque con una pendiente no tan pronunciada, también se aprecia el efecto de la crisis financiera del 2018, con un aumento de la inflación del 2.3% debido a la incertidumbre generada por el brexit y la guerra comercial con Estados Unidos entre otros factores. Por último, observamos un máximo en esta curva, alcanzando para octubre de 2022 un aumento en la inflación de 11.5 puntos porcentuales, su récord en lo que llevamos de siglo, debido fundamentalmente al periodo de recuperación post covid-19 así como el inicio de la guerra de Ucrania. "La recesión global de covid-19 es única en muchos sentidos. También se asocia con un debilitamiento sin precedentes en varios indicadores de actividad global, como los servicios y la demanda de petróleo, así como la disminución del ingreso per cápita en todas las regiones del mundo emergente", concluyen los economistas Ayhan Kose y Naotaka Sugawara en el blog del Banco Mundial.

Cabe destacar que las mediciones de la inflación, según El Banco Central Europeo, se realizan en función del HICP, que, aunque su función es la misma, medir la inflación, no es exactamente igual que el IPC. El HICP y el IPC utilizan diferentes métodos para calcular la inflación. El HICP se basa en un promedio ponderado de precios, mientras que el IPC utiliza una canasta fija de bienes para medir la inflación. Además, el HICP es utilizado por la UE y sus países miembros, mientras que el IPC se usa en los Estados Unidos y sirve como punto de referencia a nivel mundial para la inflación.

Evolución del precio del barril de petróleo Brent

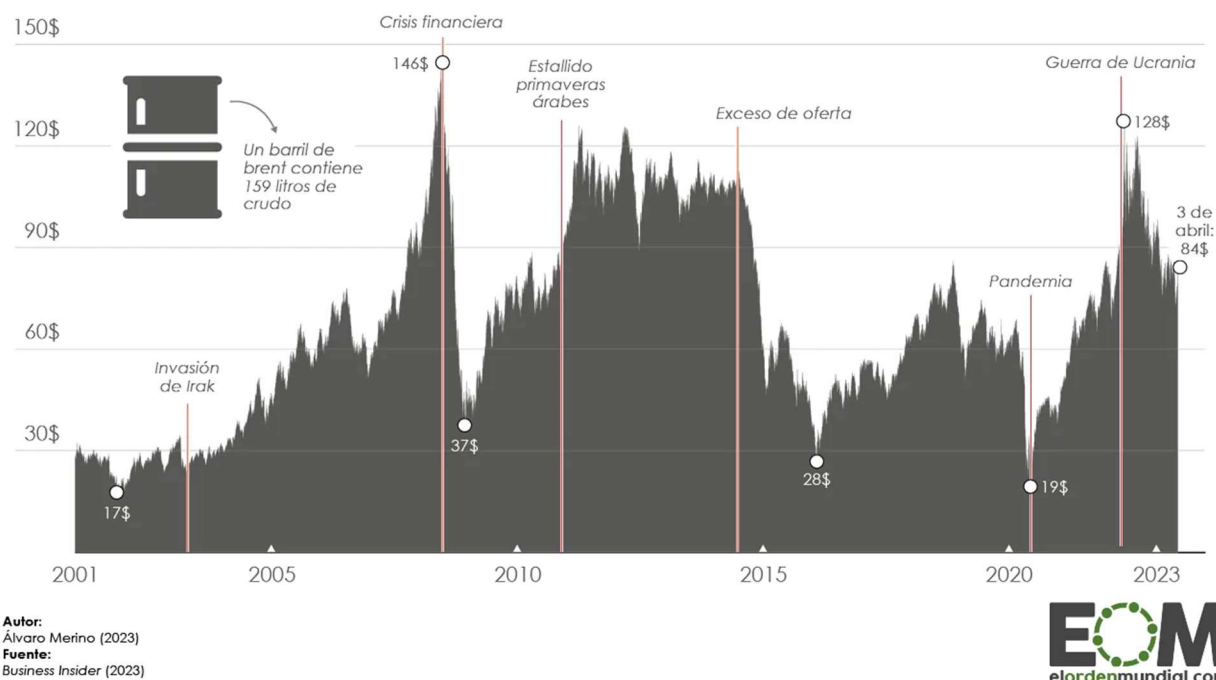


Figura 33-5.3 Evolución del precio del barril de petróleo Brent. Fuente: EOM

Si comparamos la Figura 32 y la Figura 33 podemos observar que los incrementos y decrementos del precio del barril de petróleo Brent corresponden con las subidas y bajadas correspondientes a la inflación en Europa. Concretamente los máximos en ambas curvas se alcanzan para los años 2008, 2012, 2018 y 2022. Esto quiere decir que existe una relación directamente proporcional entre la inflación, según las mediciones correspondientes del HICP o IPC, y el precio del combustible, y que por tanto la inflación afecta de manera negativa, desde el punto de vista del consumidor, al precio de este.

6 VIABILIDAD DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Una vez visto el panorama energético presente en la UE, podemos comenzar a realizar un estudio sobre si esa transición hacia las renovables, acompañada de una descarbonización total, es posible o simplemente se trata de una utopía a la cual el desarrollo de las plantas renovables y el conocimiento ingenieril y científico no pueden llegar ¿La UE ha evaluado la viabilidad de esta transición de manera realista, o con un énfasis de positivismo ante la crisis energética y climática que estamos atravesando actualmente?

6.1 Desfase demanda-producción de las renovables (Duck Curve)

La UE ha realizado grandes inversiones y ha elaborado planes de actuación, tal y como hemos visto en puntos anteriores, con la búsqueda de alcanzar una neutralidad climática y una independencia energética para 2050. Pero existe un aspecto negativo sobre la energía renovable, que es su gestionabilidad. Con gestionabilidad nos referimos a que las energías renovables, así como la solar, la eólica... dependen de recursos naturales que, aunque existen de manera ilimitada en el medio, no existen de manera constante, por lo que la producción se limita al periodo de tiempo en el que dichos recursos naturales están presentes. Esto quiere decir que ante la ausencia de sol y de viento la producción de energía a partir de fuentes renovables sería muy baja, debido a que estas son las dos principales fuentes de producción de las renovables, y por ende la presencia de combustibles fósiles sería vital para cubrir la demanda de energía en ese preciso momento.

La UE alcanzó una cifra récord de 17 GW de nueva energía eólica en 2023, representando así el 19% de la producción eléctrica europea, según un artículo publicado el 12 de enero de 2024 por El Periódico de la Energía. Pero a pesar de estos datos la energía eólica puede encontrarse con bajos datos de producción debido a la ausencia de viento en días puntuales. Por este motivo considero de vital importancia que a la hora de diseñar parques eólicos se trate, en la medida de lo posible, de diversificar los emplazamientos seleccionados, es decir, por ejemplo, en el caso de España tratar de realizar proyectos de parques eólicos en la zona norte y sur del país para así cuando el viento no sople con fuerza en la zona sur pueda haber producción en la zona norte y viceversa.

Un claro ejemplo que muestra que hoy en día aún existen retos a resolver con respecto a las energías renovables es la conocida como “Duck Curve”, en español Curva de pato (Figura 34-6.1 Duck Curve California octubre 2016). Obtiene este nombre luego de que, en 2012, el ISO de California (CAISO) representara en una curva el desfase entre la producción de energía eléctrica a partir del sol, con respecto al pico de demanda de energía eléctrica para un día en que la producción de energía eólica fue baja y constante en el tiempo.

En esta curva podemos observar que durante la madrugada la demanda de energía (curva azul) es menor y va creciendo de manera notoria alrededor de las siete de la mañana cuando la actividad industrial, comercial y residencial se pone en marcha, coincidiendo con la producción mayoritaria de energía solar (curva gris). El principal problema es que el pico de demanda de energía eléctrica se da tras la puesta de sol, entre las siete y las ocho de la tarde, horario en el que la generación a partir del sol es nula debido a la ausencia de este. Es por este motivo por el cual se produce esta forma de “pato” al tratar de equilibrar el sistema con la producción de energía a partir de fuentes no renovables (curva naranja) que tienen que suministrar a la red unos 5GW en aproximadamente dos horas, un periodo de tiempo demasiado corto. Además, coincide que cuando la demanda de electricidad es mayor, el precio de esta alcanza también su máximo.

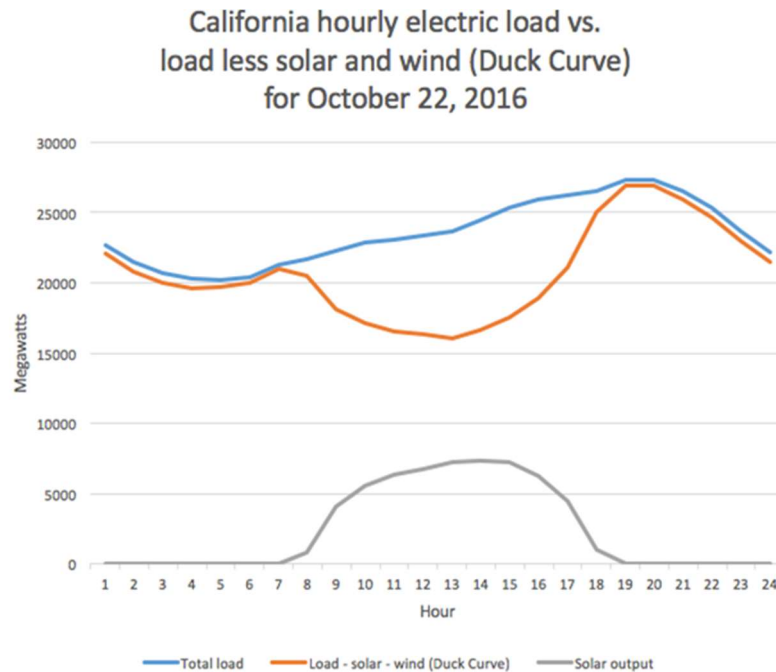


Figura 34-6.1 Duck Curve California octubre 2016. Fuente: Arnold Reinhold

La cada vez mayor integración de las renovables y en gran medida de la solar han hecho que esta curva se acentúe cada vez más, y que la diferencia del precio de la electricidad con y sin la presencia del sol sea cada vez mayor. La energía renovable cada vez es más barata y sus costes de instalación se reducen a medida que pasa el tiempo, lo cual es una señal de que cara al futuro esta no va a parar de crecer, he ahí la necesidad de buscar una solución a este problema.

Algunas medidas que podrían disminuir la tendencia que toma esta curva serían:

- Tratar de consumir la mayor parte de energía durante las horas diurnas, incentivando a la población a reducir o desplazar su consumo. Por ejemplo, cargar toda la flota de coches híbridos y eléctricos durante el día.
- Cambiar los dispositivos de iluminación por otros más eficientes, así como la iluminación fluorescente y la iluminación LED.

Programar electrodomésticos tales como lavadoras, lavavajillas... para así aprovechar el precio de la luz más bajo. La principal solución se basa en el almacenamiento de energía durante las horas valle, para que en las horas pico de demanda, generalmente tras la puesta de sol, pueda utilizarse esta de manera que la disparidad de precios entre el mediodía económico y la energía nocturna costosa se reduzca. La misma solución se aplicaría para el caso en el que la generación de los parques eólicos fuese baja, debido a la ausencia de viento, utilizando la energía almacenada cuando la producción de eólica sea alta en los momentos en los que el viento no sople con fuerza. A continuación, veremos con detalles los principales tipos de almacenamiento de energía por los cuales apuestan las plantas renovables y que se están implementado últimamente.

6.2 Almacenamiento de energía en baterías

Su función es almacenar el exceso de producción a partir de la energía solar, de manera que pueda ser utilizada durante las horas nocturnas. Los principales tipos de baterías que encontramos en el mercado son:

- Baterías monoblock: Son las más empleadas para el autoconsumo de baja y media potencia.
- Baterías estacionarias: Tienen mayor potencia y vida útil. Resultan más apropiadas para la industria que use grandes electrodomésticos o maquinaria pesada. Con una vida útil de aproximadamente veinte años.

- Baterías de litio: Son las de mayor demanda en la actualidad, ya que su desarrollo está garantizando grandes capacidades y una mayor optimización de carga. Además, por su desarrollo tecnológico, está reduciendo sus costes.

Existen otros tipos de baterías, aunque su uso es bastante menor en comparación con las anteriores, como las de sodio, silicio, zinc, aluminio o calcio. Está comenzando a destacar la batería de hierro que es capaz de almacenar energía durante el día mediante la oxidación y reducción de electricidad.

6.2.1 Diferenciación entre tipos de batería por tamaño

En el despliegue de sistemas destinados al almacenamiento de energía mediante baterías, una de las cuestiones más relevantes reside en la determinación del dimensionamiento de la batería, con el fin de lograr un equilibrio óptimo entre las mejores cualidades ofrecidas por el sistema y el costo global adicional.

Usualmente, las baterías no se describen en términos de dimensiones físicas en unidades de longitud o volumen, dado que su tamaño se encuentra determinado por su capacidad de almacenamiento de energía, medida en kilovatios-hora (kWh) o megavatios-hora (MWh). Las dimensiones físicas y el peso de las baterías presentan variaciones en función del fabricante, el modelo y la tecnología aplicada.

La adecuada definición de las dimensiones de las baterías está intrínsecamente vinculada al tipo de aplicación específica del sistema de almacenamiento y a la fuente de energía renovable empleada. Por ejemplo:

- Tamaño de las baterías para sistemas de energía solar: En aplicaciones pequeñas, como sistemas solares portátiles, las baterías suelen tener capacidades entre unos pocos vatios-hora (Wh) hasta alrededor de 100 Wh. En sistemas residenciales, el rango varía desde algunos kilovatios-hora (kWh) hasta 20 kWh, según las necesidades. Para usos más extensos, como escuelas o parques solares, las baterías son más grandes; por ejemplo, la Powerwall de Tesla para hogares tiene una capacidad de 13,5 kWh y ocupa 1,15 metros de alto por 0,75 metros de ancho y 0,15 metros de grosor.
- Tamaño de las baterías para sistemas de energía eólica: En sistemas de almacenamiento de pequeña escala, como sistemas híbridos eólicos-solares en viviendas, granjas o comunidades rurales, las capacidades de las baterías varían desde unos pocos kilovatios-hora (kWh) hasta varias decenas de kWh. Por otro lado, en sistemas de almacenamiento a gran escala, como en parques eólicos, las baterías pueden alcanzar capacidades de varias decenas de megavatios-hora (MWh), con un notorio incremento en sus dimensiones físicas, a veces semejantes a grandes contenedores que superan los 2 metros de altura.
- Tamaño de las baterías para vehículos eléctricos: Las baterías de los vehículos eléctricos ocupan un espacio considerablemente mayor en comparación con los tanques de combustible de los vehículos propulsados por diésel o gasolina. En coches compactos y subcompactos, las capacidades de las baterías suelen situarse entre 20 kWh y 40 kWh, mientras que en vehículos medianos y SUV pueden variar desde 40 kWh hasta 100 kWh.

En los últimos años, las baterías han avanzado significativamente. La tecnología, especialmente en baterías de litio, ha reducido su tamaño, facilitando su integración en dispositivos más pequeños. Además, se ha trabajado en aumentar la densidad de energía para lograr mayor almacenamiento en un espacio reducido, beneficiando especialmente a la industria de vehículos eléctricos al mejorar la autonomía sin aumentar el tamaño de las baterías.



Figura 35-6.2.1 Baterías Iberdrola. Fuente: Iberdrola.com

6.2.2 Diferenciación de baterías por tipo de electrolito

Las baterías basan su funcionamiento en tres elementos esenciales: el ánodo, el cátodo y el electrolito. La ausencia de este último impediría el intercambio de electrones entre los dos electrodos.

Desde la perspectiva química, un electrolito se define como cualquier sustancia con la capacidad de descomponerse en partículas cargadas eléctricamente denominadas iones libres. Según este pueden clasificarse en:

- Baterías de Electrolito Acuoso:
 - Plomo-Ácido (Pb-ácido): Comúnmente utilizadas en vehículos de combustión interna, sistemas de respaldo de energía y aplicaciones industriales.
 - Ion de Litio (Li-ion): Ampliamente empleadas en dispositivos electrónicos, vehículos eléctricos y sistemas de almacenamiento de energía.
- Baterías de Electrolito No Acuoso:
 - Polímero de Litio-Ion (Li-Po): Similar a las baterías de ion de litio, pero con un electrolito sólido o gel.
 - Ion de Litio de Estado Sólido: Utiliza un electrolito sólido en lugar de líquido, ofreciendo ventajas en términos de seguridad y densidad de energía.
- Baterías de Flujo:
 - Vanadio: Emplean vanadio en solución acuosa como electrolito y son conocidas por su capacidad de almacenamiento escalable, utilizadas en sistemas de almacenamiento de energía a gran escala.

6.3 Almacenamiento de energía a través de las centrales hidroeléctricas de bombeo

Con un rendimiento superior a las mejores baterías del mercado, la tecnología hidroeléctrica de bombeo es el sistema de almacenamiento de energía a gran escala con mejores características. Es más rentable y aporta gran estabilidad y seguridad al sistema eléctrico sin ningún tipo de emisión de GEI a la atmósfera.

Este tipo de central eléctrica (Figura 36-6.3 Partes de una central hidroeléctrica de bombeo) cuenta con dos depósitos, uno inferior y otro superior, con una diferencia de altura notable entre ambos. De esta manera se consigue un almacenamiento de energía eléctrica en forma de energía potencial en una masa de agua.

El funcionamiento es sencillo y consiste en abrir una compuerta en la presa superior (4), de manera que el agua almacenada en esta caiga por una galería de conducción (5) hacia un embalse inferior (1). Durante este recorrido el agua pasa por una tubería forzada (2) en la que adquiere energía cinética, que al atravesar la turbina hidráulica (6) se transforma en energía mecánica de rotación. A continuación, a partir de un generador eléctrico (7) esta se convierte en energía eléctrica de media y alta intensidad. Finalmente nos encontramos con los transformadores (9), encargados de enviar la electricidad generada a través de las líneas de transporte de AT (10) hasta los hogares e industria y la presencia de una chimenea de equilibrio (8) que realiza un ajuste de presiones cuando este sea necesario.

Una vez el agua se encuentra de nuevo almacenada en el embalse inferior (1), tras pasar por los desagües (11), durante la madrugada debido a que generalmente el precio de la energía suele ser más bajo, se utiliza una bomba hidráulica que hace subir el agua a través de la tubería forzada (2) y de la galería de conducción (5) hasta el depósito superior (3).

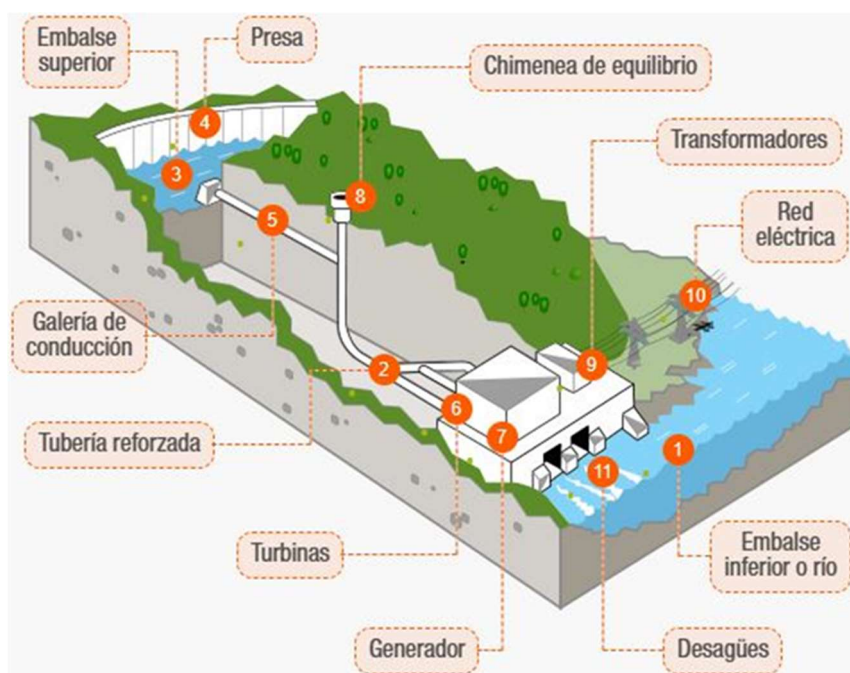


Figura 36-6.3 Partes de una central hidroeléctrica de bombeo. Fuente: Iberdrola.com

La mayor central hidroeléctrica de bombeo de toda Europa es La Muela II, con un desnivel de 500 metros, puesta en marcha por Iberdrola en el río Júcar (Valencia), con una capacidad instalada de más de 1800 MW, suficiente para atender el consumo eléctrico de casi 400.000 hogares.

La producción de electricidad a partir de la hidráulica podría ser una alternativa renovable para mitigar esta curva, pues el tiempo que tarda en alcanzar su generación máxima es de aproximadamente 2 horas, lo cual corresponde con el aumento de la demanda de energía eléctrica tras la ausencia de la energía solar. Además, este tipo de generación es ideal para ser mantenida en el tiempo.

6.4 Almacenamiento en centrales termosolares

Otro tipo de centrales que pueden solventar la problemática de las renovables con respecto al almacenamiento de energía son las centrales termosolares, de tipo cilindro parabólico (Figura 37-6.4 Central termosolar CSP. Fuente: Programa SAM) o bien torre solar (Figura 38-6.4 Central torre solar). Estas ofrecen la tecnología con mayor capacidad instalada a nivel mundial para generación eléctrica, siendo solamente superadas por las centrales hidroeléctricas convencionales. Además, cuentan con una clara ventaja frente a la fotovoltaica y la eólica, puesto que son capaces de almacenar energía térmica para su uso, o bien durante las horas nocturnas o para producción ante la ausencia de sol. Cabe destacar que instalar un MW de potencia de este tipo de energía es más caro que para el caso de la eólica o la fotovoltaica, y es por este motivo por el cual su crecimiento es bastante inferior si lo comparamos con estos dos tipos de tecnologías.

Su almacenamiento generalmente se realiza utilizando sales fundidas (nitratos) que se encuentran en dos tanques, uno frío y otro caliente. Estos funcionan como una pila que absorbe calor durante el día y la devuelven a demanda. Además, tienen una gran ventaja, y es que los tanques de almacenamiento de las centrales termosolares pueden ofrecer su capacidad, no solo para periodos de horas o días, sino para semanas o meses, asegurando de esta forma una generación de energía eléctrica durante 24h ininterrumpidamente.

Los mecanismos para almacenar energía en las centrales termosolares son fundamentalmente de tres tipos:

- **Calor sensible:** Se basa en el aumento de temperatura de un material. Se utilizan como medio de almacenamiento materiales con altos puntos de ebullición y gran capacidad térmica. El almacenamiento de calor sensible a altas temperaturas está muy extendido en aplicaciones industriales y comerciales dada su eficacia y simplicidad. Buen ejemplo de su grado de madurez y expansión son las centrales termosolares o las centrales de concentración solar (CSP), donde se utilizan, principalmente, sistemas de doble tanque con sales fundidas.
- **Calor latente:** Se libera calor por medio del cambio de fase del material que contiene la energía. El cambio de fase más utilizado es el de estado líquido a gaseoso o viceversa, aunque también se puede aplicar el cambio de fase líquido a sólido. Es fundamental para la integración de este mecanismo de almacenamiento conocer la temperatura a la que se produce el cambio de fase y el calor liberado en este proceso. Actualmente existen muy pocos materiales o aplicaciones que hayan llegado al mercado. Y es que, aunque el almacenamiento de calor latente tiene una mayor densidad de energía que el almacenamiento de calor sensible, este tipo de almacenamiento tiene algunas limitaciones en cuanto a la separación de fases, la corrosión, la estabilidad a largo plazo, su baja conductividad térmica o el coste elevado de los PCM (Phase-Change Material).
- **Reacciones termoquímicas:** Se libera energía térmica mediante una reacción química, producida sobre el medio de almacenamiento al separar los enlaces que componen la materia. Los sistemas de almacenamiento termoquímicos tienen numerosas ventajas frente a los otros tipos de almacenamiento térmico, así como una mayor densidad energética (hasta 10 veces superior al almacenamiento térmico sensible), la posibilidad de almacenamiento a temperatura ambiente, el almacenamiento a largo plazo, la facilidad de transporte... aspectos que podrían influir de manera positiva en la reducción de costes de este tipo de tecnología de almacenamiento renovable. Actualmente este tipo de mecanismo solamente se ha aplicado a fases experimentales en laboratorios, por lo que todavía no se ha implementado en ninguna central, pero cabe destacar que las más estudiadas están siendo las reacciones de reducción y oxidación (Redox) utilizando óxidos metálicos o mezclas de estos, dado que suceden en un rango de temperaturas muy adecuado para la gestión energética de las plantas y que contemplan mayores eficiencias de conversión calor a electricidad.

Además, es posible utilizar simplemente aire como fluido caloportador, dado que su contenido en oxígeno permite que actúe al mismo tiempo como reactivo. Entre los distintos materiales investigados destacan el Co_3O_4 y Mn_2O_3 , siendo este último un compuesto de alta disponibilidad, bajo coste y no tóxico. Los investigadores de CIC energiGUNE confían en que los resultados permitirán desarrollar y demostrar una solución de almacenamiento termoquímico basada en $\text{Mn}_2\text{O}_3/\text{Mn}_3\text{O}_4$ a gran escala en los próximos años, mejorando la competitividad de las plantas CSP futuras y contribuyendo al cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad europeos.

Actualmente, España es líder global en almacenamiento termosolar. Según los datos de Red Eléctrica de España (REE), en enero del 2021, el número de plantas termosolares en España es 50 unidades y durante el año 2020 se alcanzó una generación de energía termosolar de 4538 MW.

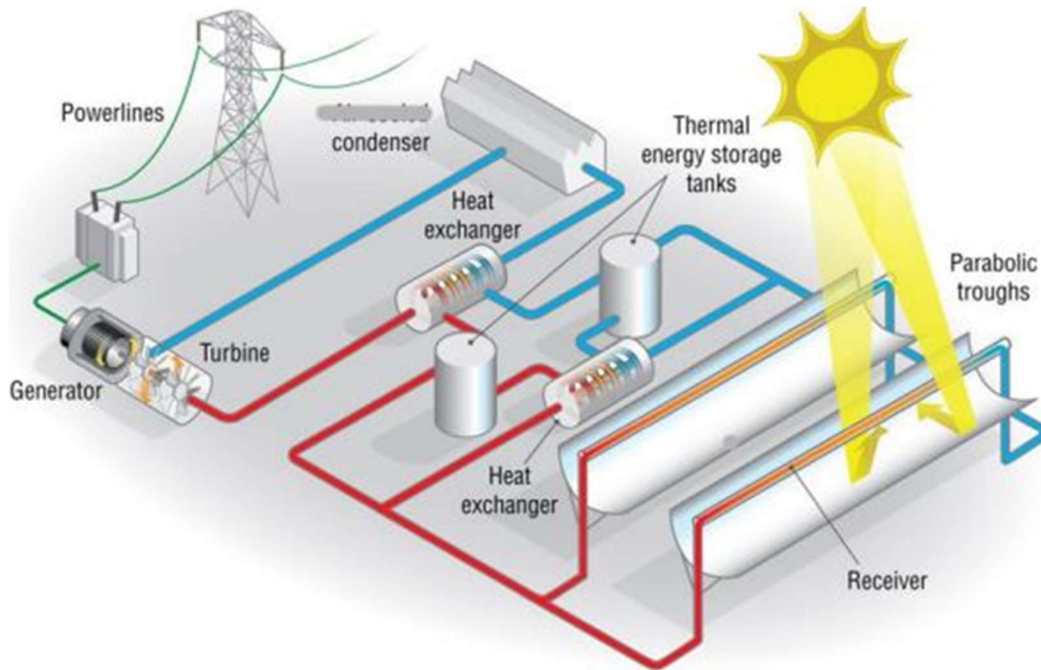


Figura 37-6.4 Central termosolar CSP. Fuente: Programa SAM

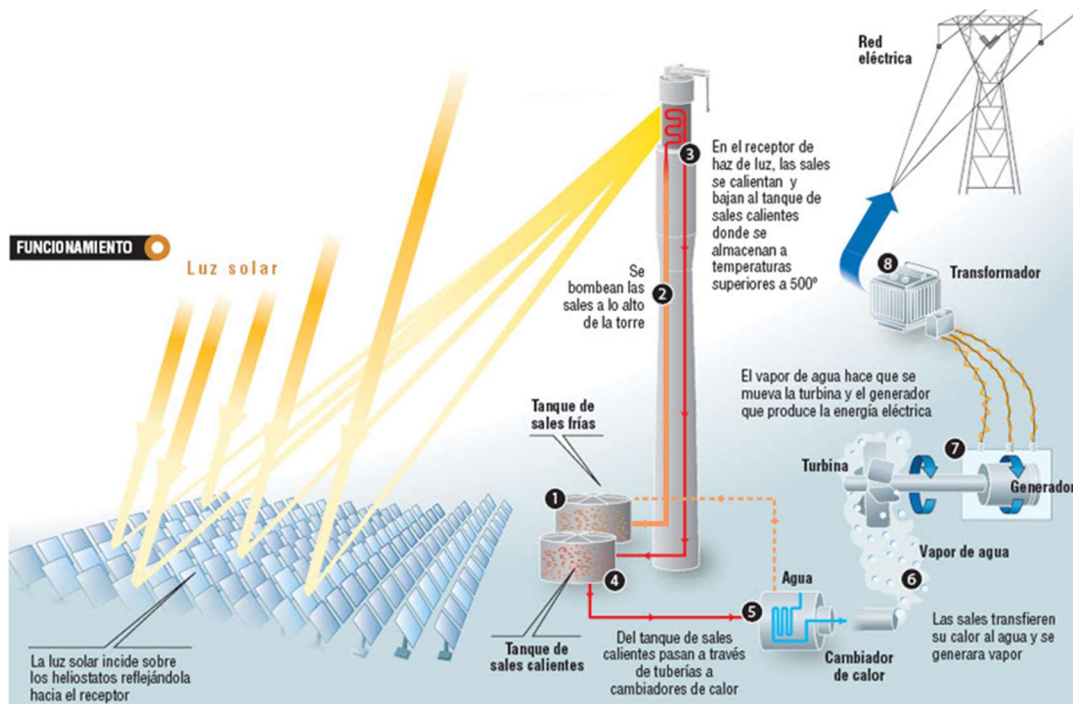


Figura 38-6.4 Central torre solar. Fuente: gobiernodecanarias.org

6.5 Almacenamiento de energía por aire comprimido (CAES)

Una situación bastante común en la eólica es encontrar una sobreproducción de energía, pues las plantas eólicas generalmente alcanzan su pico de producción por la noche, cuando el viento suele soplar con más fuerza. En este caso la generación es mayor que el consumo debido a que en horario nocturno la mayor parte de la población está dormida.

Para no desperdiciar esta sobreproducción de energía surge el CAES (Figura 39-6.5 Compressed Air Energy Storage (CAES) System) o almacenamiento de energía por aire comprimido. Su funcionamiento se basa en aprovechar ese aire generado y almacenarlo en el subsuelo procediendo a una compresión para posteriormente generar una energía neumática capaz de mover unas turbinas que a su vez generan electricidad. Para conseguir esto, se procede a una compresión del aire en forma escalonada y con enfriamientos intermedios, obteniendo un buen rendimiento de los excedentes de energía y una buena calidad del aire comprimido.

El mayor problema que encontramos actualmente en este tipo de tecnología, y el principal motivo por el que no juega un papel tan importante en el almacenamiento de energía como las tecnologías vistas anteriormente, es su gran ineficiencia en cuanto al rendimiento. Su eficiencia es menor del 50% produciéndose las mayores pérdidas al comprimir y descomprimir el aire. Si realizamos una comparativa sus pérdidas son de en torno al 50-60% mientras las plantas hidroeléctricas bombeadas tienen pérdidas del 15 al 30 %, o las de baterías químicas del 10 al 30 %.

Estas pérdidas de eficiencia energética son debidas al calentamiento del aire durante su compresión. Ese calor generado es vertido a la atmósfera, por lo que se pierde parte de la energía generada. Por otro lado, en la descompresión el aire se enfría, generándose otra pérdida de energía.

Entre los diferentes tipos de almacenamiento encontramos:

- Almacenamiento a volumen constante: para ello, es necesario grandes tamaños de cámaras de aire. Se crean utilizando la minería de disolución en el subsuelo, y su almacenamiento se diseña con unos límites fijos constantes. Esto plantea problemas con las variaciones de presión existentes, ya que afectan tanto a las turbinas como a los compresores. Para subsanar esta cuestión, hay que conseguir que las variaciones de presión originadas se mantengan en unos límites establecidos.
- Almacenamiento a presión constante: este sistema está basado en la introducción del aire comprimido en un recipiente de forma variable, manteniendo su presión constante. Para que esto sea factible, es necesario introducirlo a cientos de metros bajo el agua, de tal forma, que la presión exterior sea superior a la interior, con el fin de poder mantener el aire dentro. Esto provoca un aumento en la densidad de energía, provocando unos buenos rendimientos en las turbinas, pero plantea un alto coste en su conjunto.

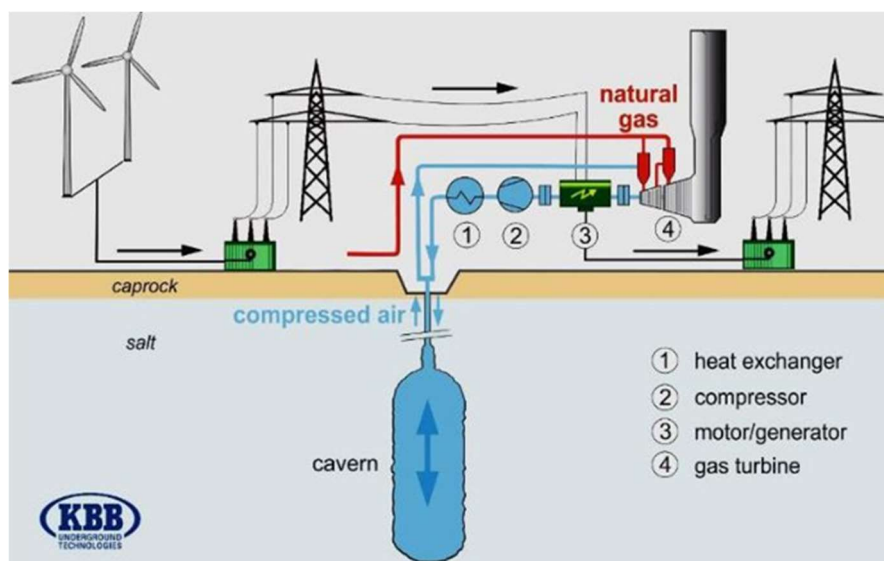


Figura 39-6.5 Compressed Air Energy Storage (CAES) System. Fuente: KBB Underground Technologies

Superar el gran reto del almacenamiento es fundamental para lograr una transición energética exitosa. Sin embargo, se están logrando grandes avances con respecto a este tema gracias a las cuantiosas inversiones en investigación e infraestructura, el desarrollo de las tecnologías de almacenamiento...

El 21 de junio de 2023 la Comisión Europea firmó un proyecto de financiación con un coste total de 3.426.308,75 € con el cual pretende afrontar los principales retos de la tecnología de almacenamiento de aire comprimido (CAES) mejorando su escalabilidad, eficiencia, densidad energética y viabilidad comercial en Europa. Los investigadores desarrollarán un concepto avanzado de CAES hasta el nivel de preparación tecnológica (TRL) 4, aprovechando los ciclos de bomba de calor optimizados por IA, tecnología eficiente de almacenamiento de calor y un sistema de control jerárquico disruptivo. Además, la tecnología propuesta capturará CO₂ de la atmósfera (10 kTn de CO₂ por año para una planta estándar de 500 MW). Las actividades del proyecto también incluyen la construcción de un laboratorio experimental en caverna en las Islas Canarias, que dará lugar al primer sistema CAES adiabático isobárico a TRL4 en Europa. Este proyecto será Coordinado por la empresa española RIEGO SUR SA.

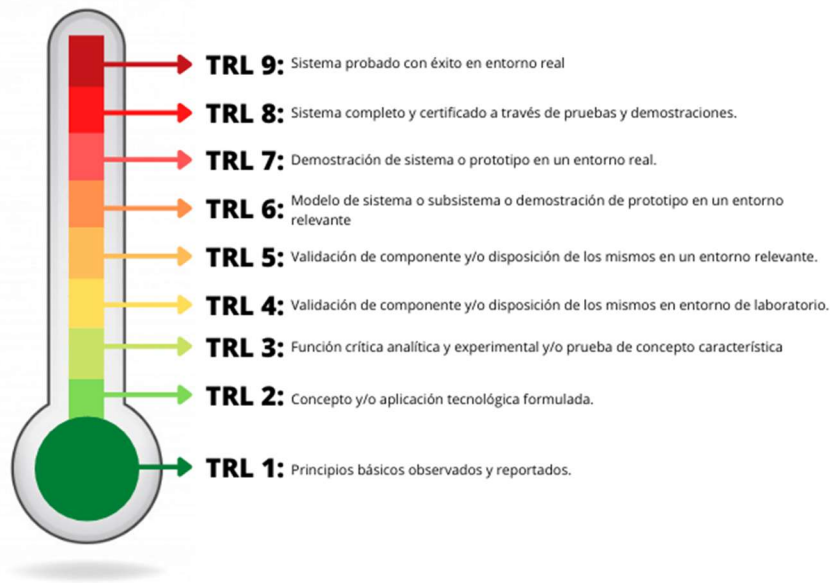


Figura 40-6.5 9 niveles TRL. Fuente: ayming.es



Figura 41-6.5 Huntorf CAES plant, Germany. Fuente: eseslab.com

6.6 Autoconsumo como clave para la transición energética

El autoconsumo puede ser un factor clave para la tan ansiada transición energética que busca la UE, aunque sólo sea una de las cuantiosas medidas y cambios a implantar en nuestro modelo energético para alcanzarla, es decir, sólo con el autoconsumo no se alcanzaría la neutralidad climática y el cese de los combustibles fósiles, pero podría ayudar notoriamente a alcanzar esta situación.

La cuota de electricidad en el uso total de energía debe crecer, especialmente en el sector del transporte (vehículos eléctricos) y en calefacción y refrigeración (bombas de calor). Una electrificación tan generalizada, necesita nuevas soluciones y la producción distribuida y el autoconsumo son elementos clave de esta.

El autoconsumo se define como la actividad por la que los consumidores generan y consumen su propia energía eléctrica a través de una instalación de energía renovable, en particular solar fotovoltaica, eólica, de biomasa y minihidráulica. Estos consumidores pueden ser de diversos tipos:

- Autoconsumidores residenciales. Aquellos que producen la electricidad en su propiedad.
- Energía comunitaria. Producciones de energías renovables lideradas por comunidades de vecinos, fundaciones, organizaciones benéficas, que no son comerciales, pero producen energía destinada al autoconsumo.
- Autoconsumidores comerciales. Pymes, grandes almacenes, edificios de oficinas, otras entidades comerciales cuya principal actividad no sea la producción de electricidad, pero que autoconsumen la electricidad que producen (Figura 42-6.6 Instalación fotovoltaica para autoconsumo en la cubierta del metro de Sevilla).
- Autoconsumidores públicos. Colegios, hospitales y otras instituciones públicas que autogeneran electricidad.

En cuanto a los principales beneficios que presenta el autoconsumo podemos destacar la reducción de los GEI, al disminuir el uso de combustibles fósiles, así como también una menor tasa de dependencia energética y una seguridad de abastecimiento para los usuarios de los edificios en los que se aplique. Además, según el Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS) de Comisiones Obreras, destacan que el autoconsumo va de la mano con la generación de empleo directo cualificado y local pudiendo llegar a generar 135.779 puestos de trabajo en España.

Según la Asociación de Empresas de Energía Eléctrica (AELEC) entre 2020 y 2022, ha habido un incremento medio interanual en torno al 100% considerando toda la potencia instalada de autoconsumo, esto significa que se han producido tantas tramitaciones de autoconsumo fotovoltaico en un mes como en todo 2020.



Figura 42-6.6 Instalación fotovoltaica para autoconsumo en la cubierta del metro de Sevilla. Fuente: centrohistorico.info

6.6.1 Comunidades energéticas

Una Comunidad Energética (CE) es una entidad jurídica autónoma basada en la participación abierta y voluntaria, autónoma y efectivamente controlada por los socios o miembros que la componen (personas físicas, pymes o entidades locales, incluidos los municipios), que están situados en las proximidades de los proyectos de energías renovables que sean propiedad de dichas entidades jurídicas y que estas hayan desarrollado, y cuya finalidad primordial es proporcionar beneficios medioambientales, económicos y sociales a sus miembros y/o a las zonas rurales donde operan más que generar una rentabilidad financiera.

Se dividen en dos formas jurídicas:

- Comunidades de energías renovables: compuestas por personas físicas o jurídicas que se asocian para desarrollar proyectos de energías renovables en su proximidad, con el objetivo de obtener beneficios económicos, medioambientales o sociales.
- Comunidades ciudadanas de energía: compuestas por personas físicas que se asocian para producir, consumir y gestionar su propia energía renovable, con el fin de reducir su dependencia energética y promover la transición hacia un modelo energético más sostenible.

Ambas deben estar integradas por un mínimo de cinco socios o miembros, sin que ninguno supere el 51% de los votos.

El Reglamento de Gobernanza de la Unión Europea (R2018/1999) ya incluye a las comunidades energéticas como participantes para la flexibilidad del sistema energético. Además, recalca la necesidad de anteponer medidas de eficiencia energética y gestión de la demanda, antes que crear nuevas infraestructuras energéticas y eléctricas (primero hay que actuar del lado de la demanda y ya en segundo lugar hacerlo por el lado de la oferta). Y en esto, indica el Reglamento, las Comunidades Energéticas tienen un papel importante que desarrollar.

En el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia publicado el 16 de junio de 2021 por el Gobierno de España aparece el concepto de comunidades energéticas, concretamente en el componente 7 referido al despliegue e integración de energías renovables para una transición energética justa e inclusiva, con una inversión estimada de 3.165 millones €. En la reforma 3 (C7.R3) destaca el desarrollo de las comunidades energéticas para el impulso de la participación de la ciudadanía en la transición energética y, en concreto, de las comunidades de energías renovables y de las comunidades ciudadanas de energía. Se apoyarán tanto los procesos participativos, formativos y de constitución de las comunidades, como el impulso de proyectos específicos.

Las comunidades energéticas tienen diversos beneficios para sus miembros y para las localidades en las que se ubican:

- Permiten a los ciudadanos producir energía renovable y reducir su dependencia de los combustibles fósiles. Además de pasar de ser un mero espectador (sujeto pasivo) a colocarse en el centro del cambio (sujeto activo).
- Pueden generar empleo y actividad económica en las localidades en las que operan.
- Ayuda a reducir la pobreza y desigualdad energética.
- Pueden contribuir a la lucha contra el cambio climático al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Algunas comunidades energéticas que se han desarrollado con éxito en Europa han sido:

- Samsø, Dinamarca: Esta isla danesa es un ejemplo emblemático de comunidad energética local. Samsø se ha convertido en 100% autosuficiente en energía renovable gracias a la instalación de turbinas eólicas y sistemas solares, tanto en tierra como mar adentro.



Figura 43-6.6.1 Comunidad energética isla de Samsø, Dinamarca. Fuente: fotografía de Tomasz SienickiFriburgo,

- Alemania: Con cerca de casi 2000 comunidades energéticas en todo el país, esta localidad alemana destaca por haber conseguido generar actualmente hasta 4 veces más energía de la que pueden consumir sus habitantes.



Figura 44-6.6.1 Comunidad energética Friburgo, Alemania. Fuente: eficienciaenergética.blogspot.com

- Crevillent, Alicante España: Esta comunidad energética no solo es un caso de éxito, sino que fue toda una pionera en nuestro país. Con el apoyo del Ayuntamiento de la ciudad, y del Gobierno regional, esta localidad consiguió unificar esfuerzos entre instalaciones de placas solares colectivas instaladas en zonas públicas y privadas para reducir las emisiones de CO₂ de la localidad y conseguir que sus vecinos pagasen mucho menos en las facturas de la luz.



Figura 45-6.6.1 Comunidad energética en Crevillent, Alicante. Fuente: Grupo Enercoop

6.7 Viabilidad de la transición energética en España

Con vistas a cumplir con los propósitos establecidos por la UE, España, al igual que el resto de los países que conforman dicha unión deben presentar a la Comisión el conocido PNIEC (Plan Nacional Integrado de Energía y Clima). La Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética define el PNIEC como la herramienta de planificación estratégica nacional que integra la política de energía y clima, y refleja la contribución de España a la consecución de los objetivos establecidos en el seno de la UE en materia de energía y clima, de conformidad con lo establecido en la normativa de la Unión Europea. Así, el PNIEC (Figura 46-6.7 PNIEC España) junto con la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo (ELP) configuran el marco básico de actuación nacional para alcanzar los objetivos de neutralidad climática fijados por la UE para antes de 2050.

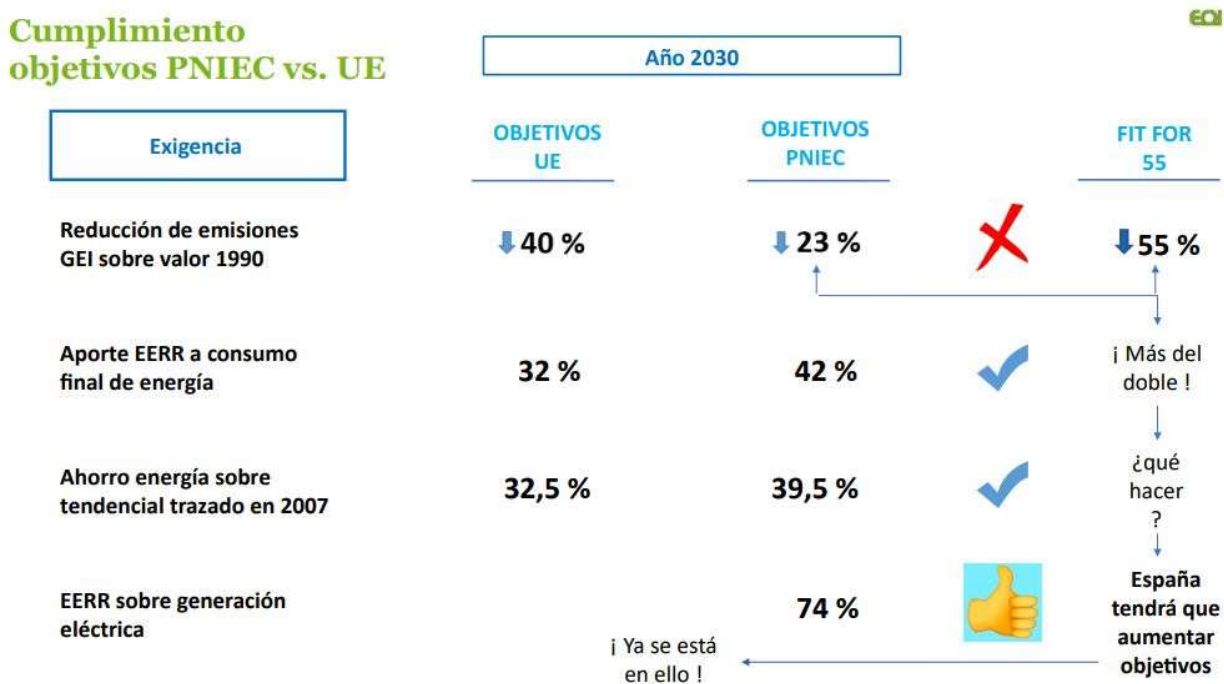


Figura 46-6.7 PNIEC España. Fuente: Máster MERME EOI

Observamos que España ha cumplido con creces el aporte de energías renovables en el consumo final de energía superando el valor establecido por la UE en un 10%, así como en el ahorro y la eficiencia energética en un 7%. Además, ha conseguido que el 74% de la generación de energía eléctrica sea renovable, pero sin embargo se encuentra lejos de cumplir con el objetivo de la UE de disminuir sus emisiones de GEI en un 40% de aquí a 2030, pues el actual PNIEC tan sólo contempla poder alcanzar una disminución de un 23%. No sólo eso, sino que además el 14 de julio de 2021 la UE aprobó el “Fit for 55” por el cual aumentaba el objetivo de reducción de las emisiones de GEI hasta un 55% para 2030, con respecto a las emisiones de 1990. Esto supone un reto realmente difícil de alcanzar por parte de nuestro país, pues tan sólo en siete años debemos aumentar nuestros objetivos en más de un 30%.

Como hacíamos referencia en el capítulo 3, el sector que más GEI emite en España es el transporte, responsable de un 28% de las emisiones totales, así como también es el que supone el mayor porcentaje del consumo final de energía, un 29%. Es por este motivo por el que la penetración de los vehículos eléctricos en la población es fundamental para el cumplimiento de los objetivos impuestos por la UE, así como suponen un aspecto clave en nuestro territorio para disminuir la dependencia energética que roza el 70%. Actualmente la electrificación del transporte es la única alternativa consolidada para transformar este sector y reducir su impacto medioambiental.

6.7.1 Electrificación del transporte

La electrificación del transporte es algo esencial para cumplir con los exigentes objetivos propuestos en el plan “Fit for 55”, pero realizar un cambio del sistema automovilístico actual hacia una totalidad de vehículos eléctricos será una ardua tarea.

Según el informe “Global EV Outlook 2023” el mercado de vehículos eléctricos ha experimentado un crecimiento exponencial, superando los 10 millones de ventas en 2022, lo que supone el 14% de las ventas totales para ese año. China lidera las ventas en este sector con alrededor del 60% de las ventas globales, seguida por Europa y Estados Unidos. Además, se espera que las ventas de vehículos eléctricos alcancen los 14 millones para finales de ese año. Las políticas nacionales, los incentivos y la alta demanda de petróleo acompañada de unos precios que están alcanzando máximos históricos, podrían influir en las compras de manera notoria.

Los gobiernos de los distintos países deben incentivar la compra de este tipo de vehículos si pretenden alcanzar la neutralidad climática de cara al 2050. Para ello podrían ofrecer reducciones de impuestos que supongan una reducción del coste inicial del vehículo, haciéndolos así más atractivos para sus habitantes. Es cierto que al menos en España la compra de un vehículo, independientemente de si es eléctrico o no, va acompañada de un 21% de IVA, aunque a la hora de la matriculación paguen un 0% de impuestos por tratarse de vehículos de bajas emisiones, beneficio al que también pueden optar vehículos de combustión convencional de bajas emisiones.

Además, deben desarrollar una red de puntos de carga para resolver los posibles problemas relacionados con la autonomía incentivando la inversión en infraestructuras de carga rápida y normal en espacios públicos, estacionamientos y áreas residenciales o comerciales. Conforme al análisis realizado por ECODES, se revela que el 70% de los lugares de recarga se localizan en zonas urbanas, dejando a las áreas rurales con un acceso sumamente limitado, a pesar de representar más del 80% de la extensión territorial peninsular dificultando enormemente poder cumplir con el estándar europeo que busca tener al menos un punto de carga cada 60 kilómetros. Actualmente, se detecta que menos del 5% de la red principal cumple este objetivo.

Otra opción que ya hemos visto en algunas ciudades como Madrid o recientemente en Sevilla sería crear zonas de bajas emisiones, donde los vehículos eléctricos tuvieran ciertos beneficios gracias a la libre circulación, así como estar exentos de pagar parquímetros públicos.

Actualmente las ayudas más significativas que incentivan la adquisición de este tipo de vehículos en España son de hasta 9000 euros tanto para la compra de este como para la instalación de un punto de carga, con una ayuda adicional para aquellos que residan en municipios de menos de 5000 habitantes. Según el Nuevo plan Moves III se espera alcanzar los 250.000 vehículos eléctricos para 2023, así como los 100.000 puntos de recarga. Para ello, a través del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), movilizarán 2.000 millones de euros para abordar la movilidad "cero emisiones" y el despliegue masivo de electrolinerías.



Figura 47-6.7.1 Vehículo eléctrico conectado a un punto de carga. Fuente: xataka.com

Aún hay que seguir avanzando y desarrollando mejores modelos de vehículos eléctricos, que permitan tener una mayor autonomía, hay que concienciar a la población sobre los beneficios de su adquisición y sobre todo adaptar las grandes ciudades a un incremento masivo de esta tipología de vehículos en sus calles. Para alcanzar esto es fundamental la inversión, que en el caso de España se multiplicó por 19 hasta alcanzar los 60.000 millones en 2019, según el periódico *eEconomista*. Asimismo, España activó 400 millones de euros, de la financiación de recuperación relacionada con la pandemia, para promover la descarbonización del transporte por carretera, que financia subvenciones a la compra de vehículos pesados variando según la clase de vehículo y el tipo de beneficiario.

En el corto plazo, se vislumbran desafíos significativos que podrían impactar la estabilidad de las ventas de vehículos eléctricos. Entre ellos, destacan las elevadas cotizaciones de minerales críticos esenciales para la producción de baterías, cuyos precios se ven influenciados por las sacudidas en la cadena de suministro, originadas tanto por la agresión rusa en Ucrania como por las persistentes restricciones debidas a la pandemia de COVID-19 en distintas regiones de China.

Adicionalmente, los costos del litio, mineral crucial para las baterías de vehículos, experimentaron un aumento de hasta siete veces su valor en mayo de 2022 en comparación con principios de 2021. Los precios del cobalto y el níquel también experimentaron alzas significativas. Bajo condiciones equiparables, la persistencia de estos niveles de precios podría traducirse en un aumento del 15% en el costo de los paquetes de baterías. La invasión rusa en Ucrania ha acentuado estas presiones, dado que Rusia abastece el 20% de la demanda global de níquel.

6.7.2 Energía eólica Offshore

España es el segundo país de la UE con mayor producción de energía eólica, sólo por detrás de Alemania, con más de 66 GW. Sin embargo, no existe en la actualidad más que un único aerogenerador en las aguas de Gran Canaria, tratándose además de un prototipo.

A cierre de 2022 Europa contaba con 6091 aerogeneradores repartidos en 122 parques eólicos marinos, lo que supone un total de 30.267 MW. Este hecho muestra con claridad una enorme disparidad entre la producción de energía eólica marina por parte de Europa en comparación con España, destacando además la gran diferencia dentro de nuestro territorio con respecto a la eólica terrestre instalada.

Esto quiere decir que España existe una fuente de energía renovable aún por explotar, así como una enorme cantidad de emplazamientos en los que desarrollar nuevos proyectos. Para hacernos una idea, España clasifica sus aguas territoriales de la siguiente manera:



Figura 48-6.7.2 Aguas territoriales España. Fuente: miteco.gob.es

De entre estas cinco zonas existen concretamente 19 subzonas de alto potencial, según los POEMs (Planes de Ordenación del espacio Marítimo), que equivalen a unos 5000 km² siendo la mayor parte correspondiente a la región Noratlántica, en un 54,3%. Esto supone tan sólo un 0,5% de la superficie total de aguas territoriales que posee España y es que nuestro territorio cuenta con algunos problemas.

En primer lugar, nuestra plataforma continental desciende rápidamente a poca distancia de la costa y los aerogeneradores de cimentación fija no pueden anclarse a tanta profundidad, por lo que la única opción para el desarrollo de la eólica Offshore en España sería a través de estructuras flotantes. Además, España es el segundo país del mundo que mayor número de turistas acoge cada año, especialmente por nuestras playas y costas, y ciertos ayuntamientos, así como grupos de personas son reacios a la instalación de este tipo de aerogeneradores pues creen que podría derivar en un impacto económico negativo para aquellos que viven del sector del turismo. Aun así, si las plantas se construyen a una distancia considerable con respecto a la orilla, el ojo humano sería prácticamente incapaz de avistarlo además de que como bien sabemos la tierra al ser redonda tiene una cierta curvatura y por lo tanto estos aerogeneradores se perderían en el horizonte, eso sí, las conexiones con tierra, para posteriormente hacer el correspondiente transporte de la energía generada, serían más complicadas. Finalmente, las 19 zonas establecidas por los POEMs quedan de la siguiente forma:

- Demarcación marina Noratlántica con 7 Zonas de Alto Potencial (ZAP) para el desarrollo de eólica marina que suponen 2.688,61 km².



Figura 49-6.7.2 ZAP Noratlántica. Fuente: Máster MERME EOI

- Demarcación marina del Estrecho y Alborán con 2 ZAP y 1222,61 km².



Figura 50-6.7.2 ZAP Estrecho y Alborán. Fuente: Máster MERME EOI

- Demarcación marina levantino-balear con 3 ZAP y 475 km².



Figura 51-6.7.2 ZAP levantino-balear. Fuente: Máster MERME EOI

- Demarcación marina canaria con 6 ZAP y 561,87 km².



Figura 52-6.7.2 ZAP Islas Canarias. Fuente: Máster MERME EOI

- Demarcación marina sudatlántica con 0 ZAP.



Figura 53-6.7.2 ZAP sudatlánticas. Fuente: Máster MERME EOI

Según IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) en 2030 la capacidad de instalación anual de eólica marina podría superar a la eólica en tierra, y se estima que suministrará el 14% de la demanda de electricidad en EU. Europa apuesta por la eólica Offshore instando a los países al desarrollo de este tipo de plantas ya que las instalaciones de generación eólica en entornos marinos presentan características distintivas que resultan beneficiosas en comparación con las instalaciones ubicadas en tierra. La disponibilidad del recurso eólico en el medio marino supera y mantiene una mayor regularidad en comparación con las áreas terrestres, lo que se traduce en un incremento en la capacidad de generación eléctrica de los aerogeneradores con dimensiones semejantes. Además, la menor rugosidad superficial del entorno marino implica que se puede emplear una altura de torre menor en comparación con un aerogenerador instalado en tierra firme.

Por lo tanto, podemos llegar a la conclusión de que el mar es un entorno con una capacidad de desarrollo para las energías renovables enorme y aún por explotar y esto puede aumentar la generación de energía en la UE disminuyendo así la necesidad de importaciones de países externos. Toda generación dentro de nuestras fronteras supondrá una disminución de la dependencia energética acercándonos más a la neutralidad climática para 2050.

6.7.3 Potencial de la energía geotérmica

La Energía geotérmica, es la gran desconocida entre el grupo de las energías renovables, por lo que muchas veces es ignorada, aunque ya existía y se conocía desde la antigüedad. Este tipo de energía tiene un potencial enorme por desarrollar por lo que podría, juntos con los otros tipos de energía anteriormente mencionadas, ser una pieza clave en el proceso de transición energética en nuestro país.

Básicamente podemos definir la energía geotérmica como aquella que aprovecha el calor interno de la Tierra para extraer del subsuelo aguas a elevadas temperaturas, de la cual puede extraerse la energía calorífica o puede emplearse para generar electricidad. A medida que nos acerquemos al núcleo del planeta, las temperaturas aumentan considerablemente, ya que hay más presión, más gravedad, y menos distancia del núcleo de metal fundido que es el corazón de la Tierra. Por eso se puede hallar bajo tierra numerosos depósitos de agua hirviendo, que puede ser liberada y conducida a la superficie, dando origen a grandes chorros de vapor, géiseres y aguas termales. Este tipo de yacimientos son muy frecuentes en zonas de alta actividad volcánica.

España alcanzó los 293 MW de energía geotérmica en 2018 destinada a la calefacción mayoritariamente, seguida de producción de agua caliente sanitaria, refrigeración y climatización de piscinas. Sin embargo, no existe ninguna central en nuestro país para la producción de electricidad a partir del aprovechamiento del calor de la Tierra aun teniendo un potencial de unos 12.000 MW según los datos del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Esto quiere decir que aún queda mucho potencial con respecto a la energía geotérmica.

Para la producción de electricidad el funcionamiento es sencillo simplemente se perforan pozos, a veces de 1,6 kilómetros de profundidad o más, en depósitos subterráneos para aprovechar el vapor y el agua muy caliente que accionan turbinas conectadas a generadores de electricidad.

Hay tres tipos de centrales de energía geotérmica: de vapor seco, flash y binarias. En estas últimas el agua caliente pasa por un fluido secundario con un punto de ebullición mucho más bajo que el del agua, lo que hace que el fluido secundario se convierta en vapor, que luego acciona una turbina. La mayoría de las centrales de energía geotérmica del futuro serán centrales binarias.

La energía geotérmica presenta numerosas ventajas, entre las cuales destaca su capacidad para generar electricidad de manera limpia y sostenible, al mismo tiempo que contribuye a la disminución de la contaminación y mitiga el riesgo asociado al cambio climático. A su vez, la energía geotérmica se erige como una fuente energética constante, lo que la consolida como una opción segura y estable en términos de suministro. Además de sus beneficios ambientales, esta forma de energía también ofrece ventajas económicas palpables, dado que los costos asociados a la generación de electricidad son notablemente reducidos en comparación con otras fuentes. Por último, pero no menos importante, la energía geotérmica se distingue por su fiabilidad inherente, permitiendo el almacenamiento del calor para su utilización en momentos futuros, aportando así a una gestión eficiente de los recursos energéticos.

El desarrollo de la energía geotérmica en un momento de crisis de precios “es clave” en la estrategia energética, teniendo en cuenta el aprovechamiento de la “infinitud” de recursos existentes en el subsuelo español, han asegurado varios expertos consultados por EFE.

Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), España pretende alcanzar los 3000 MW para 2025 centrándose las inversiones principalmente en el área de Cataluña y las Islas Canarias, ya que son las regiones con mayor capacidad geotérmica del país. Además, dado su carácter autóctono e inagotable, el aprovechamiento de la energía geotérmica puede ser máximo, por la reducción del consumo de energía fósiles y de dependencia energética del exterior; y por el refuerzo de la seguridad de suministro.



Figura 54-6.7.3 Central geotérmica de Larderello, Italia. Fuente: Paolo Grassi, Shutterstock

7 EFECTO DE LAS RENOVABLES EN EL MERCADO ELÉCTRICO

Tras haber estudiado a fondo las propuestas en materia de energía de la UE para el futuro, podemos preguntarnos ¿Cómo afectaría el aumento de la penetración de las renovables en el mix energético en el Mercado Eléctrico?

7.1 Funcionamiento del Mercado Eléctrico

Si nos referimos al Mercado mayorista eléctrico operado por OMIE, (Operador del Mercado Ibérico de la Energía) para el caso de España y Portugal, podemos decir que se trata de un mercado marginalista pues es la última tecnología que entra, que siempre es la más cara, la que cierra o marca el precio de la electricidad. Todos aquellos que hayan entrado en el mercado venderán su energía al mismo precio, independientemente de si la oferta que realizaron era a un precio mucho menor.

Este tipo de mercado se extiende en toda la UE y básicamente consiste en un modelo para la fijación del precio de la energía según la oferta y la demanda. De manera coloquial se conoce con el término anglosajón “pool” eléctrico pues los generadores de energía (así como centrales nucleares, solar FV, eólica, centrales de ciclo combinado...) lanzan sus ofertas de venta al mercado para cada hora del día, como si de una piscina se tratara, de ahí este coloquialismo, mientras que las compañías eléctricas y algunos grandes consumidores industriales lanzan sus ofertas de compra para cada tramo horario. Quizás el funcionamiento del Mercado eléctrico puede entenderse mejor a partir de las siguientes imágenes:

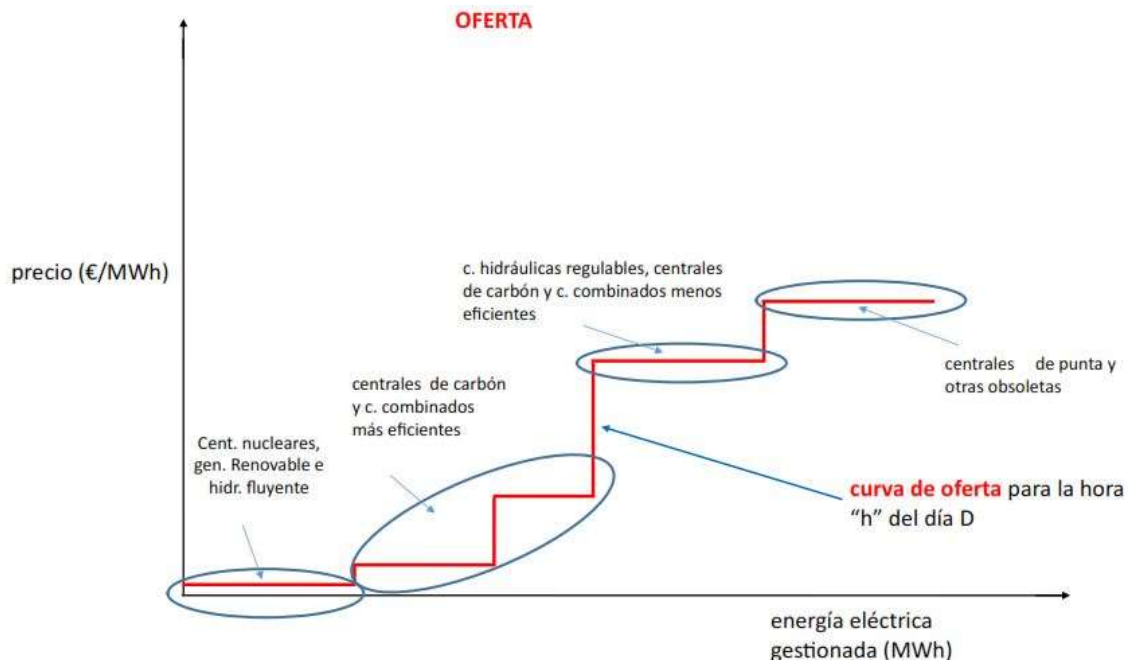


Figura 55-7.1 Curva de la oferta del Mercado Eléctrico. Fuente: Máster MERME EOI

En la Figura 55-7.1 Curva de la oferta del Mercado Eléctrico podemos observar una curva escalonada en la que los diferentes generadores de energía realizan una oferta de su producción a un determinado precio el MWh para x hora del día. Generalmente las renovables entran en el mercado ofertando 0€/MWh pues necesitan vender toda la energía producida, ya que no cuentan con capacidad de almacenamiento salvo recientes instalaciones de baterías y la termosolar, además de que estas tecnologías actualmente son las más baratas. Lo mismo ocurre con la nuclear, suele ofertar un precio de oferta bajo para asegurar la producción ya que esta tiene que ser constante y sin interrupciones.

Para el caso de los generadores a partir de combustibles fósiles como ciclos combinados de gas, centrales de carbón... estas dependen de la variación del precio de la materia prima como tal, es decir, si el gas sube los costes de generación de los ciclos combinados también subirán y por tanto el precio que finalmente ofertarán. Además, a este tipo de generadores se les suma un coste por emisiones de CO₂ que encarece aún más su producción. El precio por tonelada de CO₂ emitido en octubre de 2023 fue de 80,98€.

Básicamente este tipo de generadores no pueden competir contra las renovables a la hora de ofertar un precio de mercado, pues el precio ofertado tiene que cubrir todos los gastos derivados de la producción, es decir, no pueden producir a pérdidas.

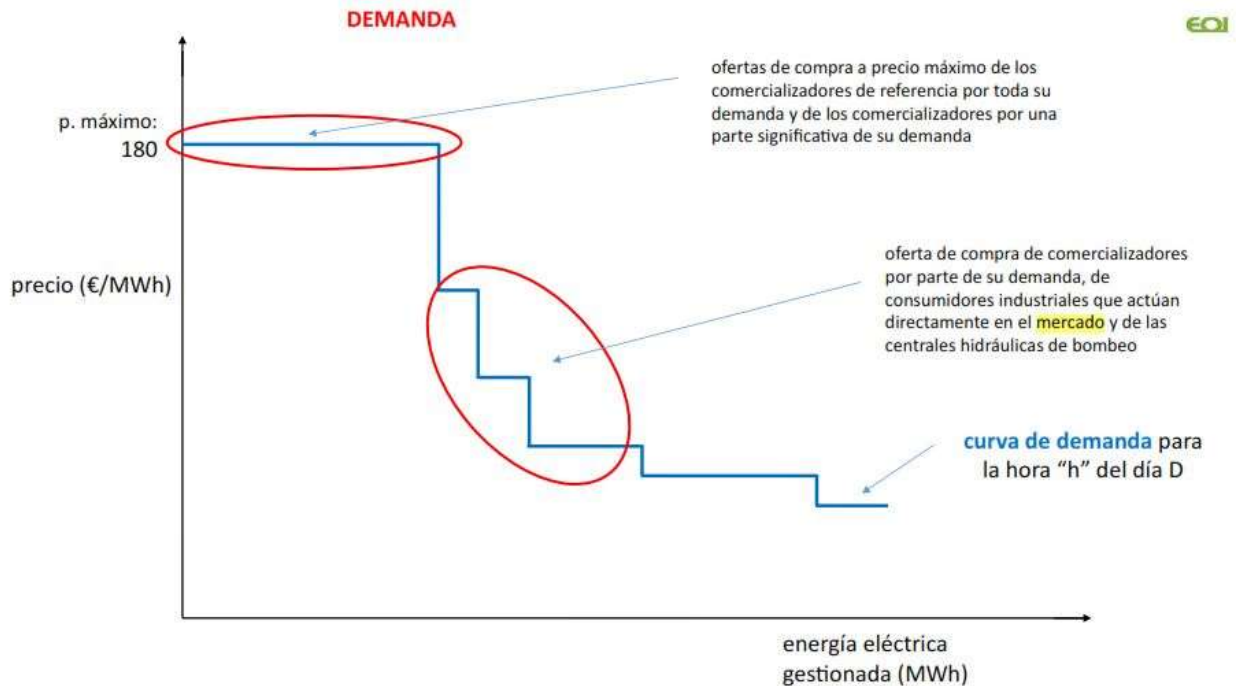


Figura 56-7.1 Curva de la demanda del Mercado Eléctrico. Fuente: Máster MERME EOI

En el caso de la Figura 56-7.1 Curva de la demanda del Mercado Eléctrico, podemos observar una curva también escalonada, pero de manera descendente. En la izquierda se encuentran las comercializadoras, estas están dispuestas a pagar precios muy altos por MWh de energía eléctrica pues deben asegurar el suministro a sus clientes. Esto quiere decir que las compañías eléctricas como por ejemplo ENDESA, no pueden arriesgarse a ofertar un precio muy bajo y dejar a toda una ciudad como puede ser Sevilla sin electricidad.

Siguiendo la curva nos encontramos con los grandes consumidores industriales que entran directamente al mercado y las centrales hidráulicas de bombeo, estas ofertan precios relativamente bajos pues si el MWh está barato bombean agua hacia el embalse superior, si no es así simplemente no bombean y paran la producción.

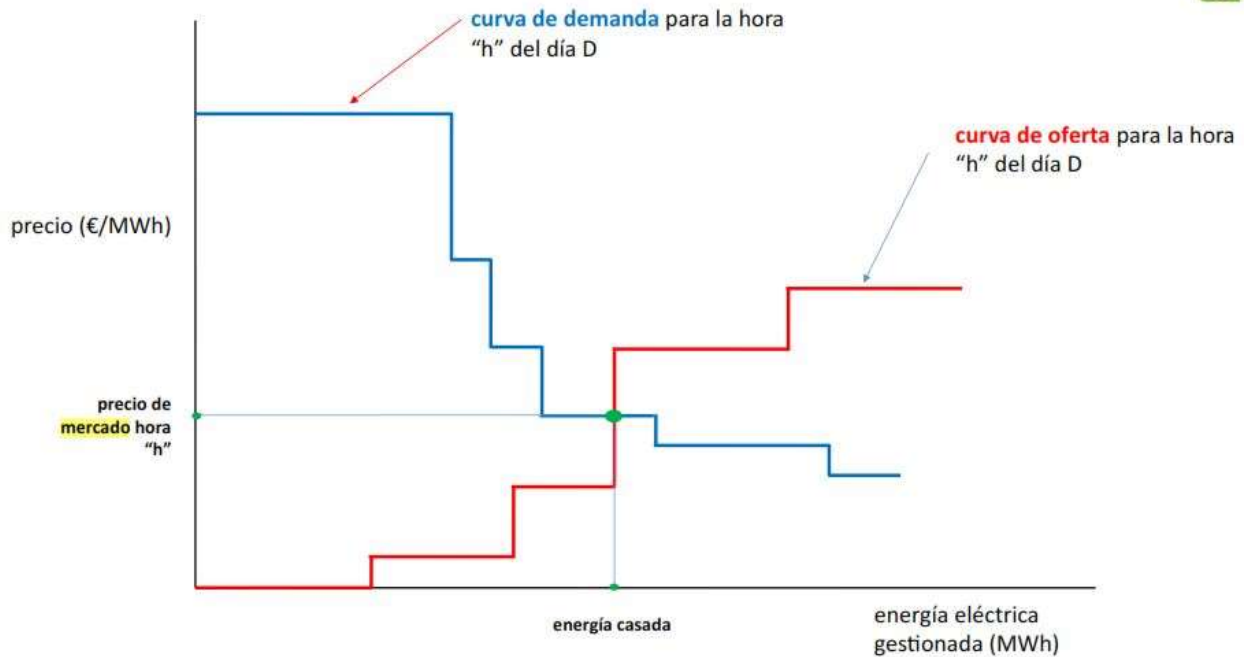


Figura 57-7.1 Energía casada Mercado Eléctrico. Fuente: Máster MERME EOI

Finalmente, ambas curvas se juntan y se establece un precio final de la energía para dicha hora del día (Figura 57-7.1 Energía casada Mercado Eléctrico). Todas las ofertas tanto de venta como de compra que se queden a la derecha del punto señalado en verde, que representa la energía casada, se quedarán fuera del mercado y por lo tanto no podrán ni comprar ni vender su energía. Por el contrario, todas las que queden a la izquierda habrán entrado en el mercado y comercializarán su energía al mismo precio el MWh.

7.2 ¿Cómo afecta el despliegue de las renovables al mercado eléctrico?

Desde el punto de vista del consumidor, como puede ser cualquier usuario que está conectado a la red desde su vivienda, las energías renovables son beneficiosas pues su crecimiento desplaza cada vez más el punto de casación de la energía (Figura 57-7.1 Energía casada Mercado Eléctrico) hacia la izquierda. Es decir, la mayor generación de energía a partir de fuentes renovables hace que las tecnologías más caras se queden fuera del mercado y por lo tanto la última que marque el precio final de esta sea cada vez más barata, ya que las renovables se “comen” cada vez una mayor parte de la generación total. A continuación, en las gráficas obtenidas de la página web de OMIE se puede observar dicha disminución del precio de la energía casada claramente:

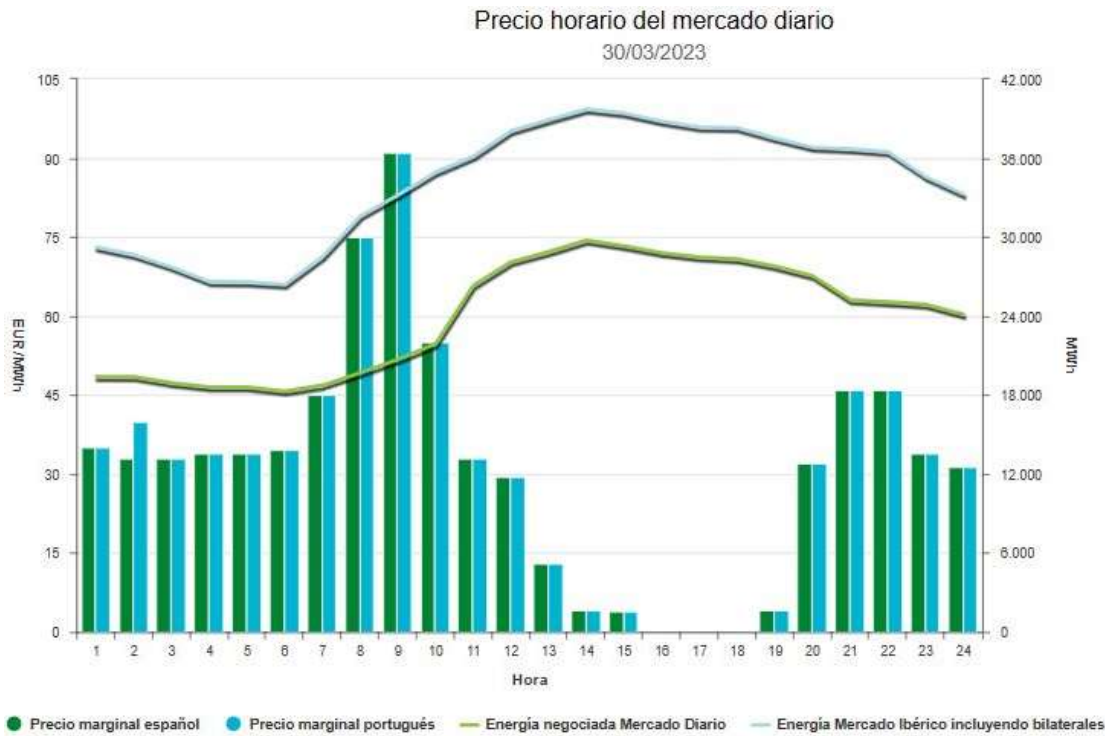


Figura 58-7.2 Precio horario del mercado diario. Fuente: OMIE

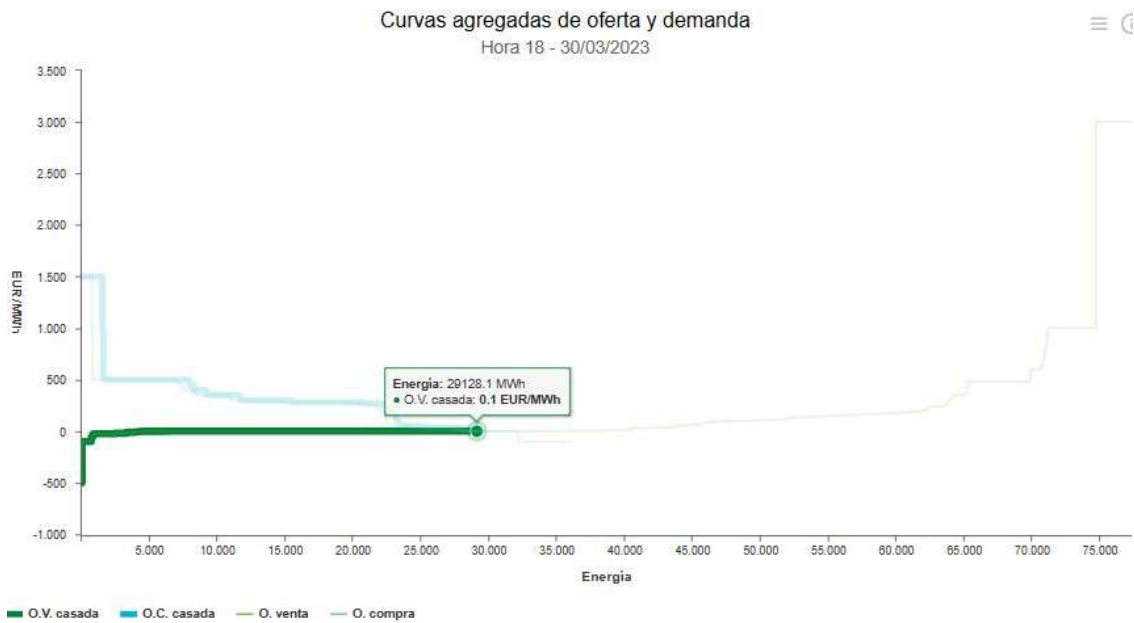


Figura 59-7.2 Curvas agregadas de oferta y demanda. Fuente: OMIE

Tal y como se puede observar en la Figura 58-7.2 Precio horario del mercado diario, para las horas centrales del día el precio del MWh eléctrico fue de prácticamente 0€. Esto se debe a que precisamente este tramo horario coincide con las horas de mayor producción solar fotovoltaica, que acompañado de la producción de eólica hicieron que prácticamente el 100% de la energía casada durante estas horas fuese renovable. Para el consumidor esto es algo muy beneficioso, por lo que podemos afirmar una vez demostrado que la penetración y apuesta por las renovables abaratarán las facturas de los consumidores. Este efecto se prevé que crecerá a medida que nuevas plantas solares se incorporen al mercado.

En la Figura 60-7.2 Energía horaria por tecnologías. Fuente: OMIE puede observarse que la generación de carbón y ciclo fueron de 0 MWh, así como la energía importada, punto clave de este trabajo para la reducción de la dependencia energética.

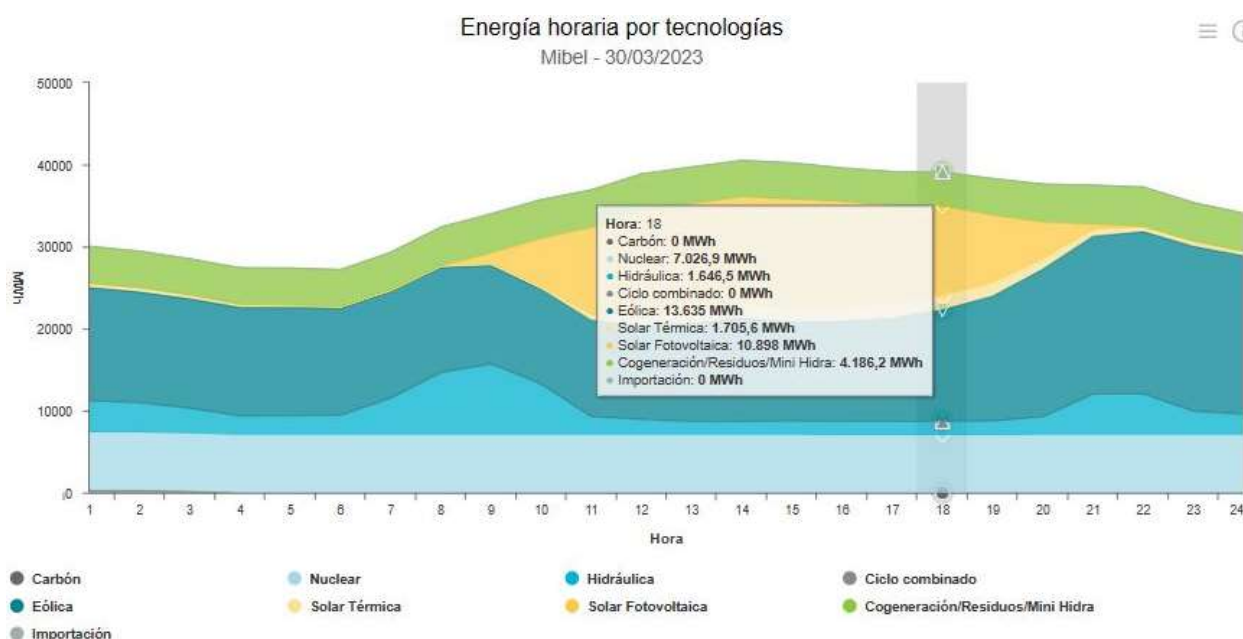


Figura 60-7.2 Energía horaria por tecnologías. Fuente: OMIE

7.3 Canibalización de los precios de las renovables

Tal y como hemos visto en el apartado anterior, la cada vez mayor presencia de las renovables, especialmente de la solar PV, está provocando que, durante las horas centrales del día, precisamente las que coinciden con la presencia del Sol, haya precios de incluso 0€ el MWh. A este efecto se le ha comenzado a llamar la canibalización de las renovables debido a que este “crecimiento explosivo” está haciendo, según advierten las compañías, que se ponga en peligro la rentabilidad de las plantas verdes -actuales y futuras- por la caída de los precios eléctricos y el que puede acabar frenando inversiones en nuevos desarrollos.

Esta situación está beneficiando enormemente a los consumidores españoles, colocando a España como uno de los países con los precios más bajos, pero por otro lado esto puede derivar a que deje de ser un mercado atractivo para inversores que no vean una rentabilidad futura para el desarrollo de parques dentro de nuestro territorio.

¿Este problema que se avista para los próximos años tiene solución? La solución vuelve a ser de nuevo el almacenamiento, ya sea a través de baterías u otro cualquier tipo de almacenamiento, pues este nos permitiría almacenar la energía sobrante en las horas en las que su precio es más bajo para así venderla o suministrarla en los momentos más caros, o de mayor demanda, consiguiendo así una mayor rentabilidad del MWh eléctrico y “rompiendo” la disparidad de precios entre las horas centrales y las horas nocturnas.

Aumentar las conexiones con países vecinos, la electrificación de la demanda fundamentalmente en el campo de la climatización y del transporte, para así aprovechar la alta producción de energía eléctrica en las horas centrales del día, además del ya nombrado almacenamiento pueden ser la clave para dicha situación.

8 ENERGÍA RENOVABLE VS ENERGÍA NO RENOVABLE

En vistas a esta transición energética firmada por la UE que marcará un cambio en la obtención de la energía tal y como hoy la conocemos, podemos realizarnos la siguiente pregunta ¿es bueno todo lo que envuelve a las renovables? ¿Este tipo de energía no tiene ningún inconveniente?

En respuesta a esta pregunta a continuación trataremos las principales ventajas e inconvenientes de las energías renovables, para así poder realizar una comparación con respecto a la obtención de la energía mediante fuentes no renovables.

8.1 Ventajas de las energías renovables

- Son más respetuosas con el medio ambiente: la gran mayoría de ellas no producen emisiones de CO₂ u otros gases dañinos, así como GEI, lo que conlleva a una protección de la atmósfera.
- Traen consigo beneficios para la salud: de manera indirecta al aumentar el consumo de energías renovables, estamos reduciendo las enfermedades y patologías que la contaminación provoca en los seres humanos, puesto que un mayor consumo de renovables significa un menor consumo de combustibles fósiles.
- No producen elementos tóxicos o de difícil tratamiento como por ejemplo la nuclear que produce plutonio radiactivo.
- No consumen grandes cantidades de agua para su funcionamiento y en el caso de la hidráulica de bombeo esta se encuentra en un ciclo cerrado, por lo que el consumo se reduce notoriamente.
- Generan numerosos puestos de empleo: según los datos obtenidos por la Agencia Internacional de la Energía Renovable (IRENA) en 2017, demuestran que el sector de las energías renovables genera más empleo que todos los combustibles fósiles juntos. Las energías limpias ya emplean a nivel global a casi 10 millones de personas. En países como Estados Unidos el empleo en las energías renovables está en constante crecimiento, proporcionando 2,5 empleos por cada empleo en combustibles fósiles.
- Son fuentes de energía ilimitadas: pues provienen de recursos naturales ilimitados, así como el viento, el sol, el calor de la Tierra, el movimiento de las mareas...
- Contribuyen a la independencia energética: como hemos visto en varias ocasiones, las renovables son la mejor opción para conseguir una independencia con respecto a los países importadores de energía y materias primas, generalmente aquellos ricos en combustibles fósiles.

8.2 Desventajas de las energías renovables

- No son completamente ecológicas: no el 100% de las energías renovables son completamente respetuosas con el medio ambiente, pues por ejemplo la energía geotérmica puede llegar a contaminar el agua con las sales y minerales que emanan desde el centro de la Tierra, así como gases y metales tóxicos. Así como la energía obtenida de la biomasa que genera dióxido de carbono como parte de su proceso de combustión. Evidentemente no se puede comparar con el daño al medio ambiente que provocan las energías que provienen de fuentes no renovables.

- Elevado consumo de materias primas durante su proceso de fabricación: aunque es cierto que durante su uso las energías renovables tienen un impacto mínimo sobre el medioambiente, todo el proceso de fabricación de los distintos equipos que conforman los parques eólicos, solares... tiene un impacto en el entorno. Por ejemplo, para la construcción de un parque solar fotovoltaico se utilizan materiales como el silicio, el cadmio o el germanio, entre otros, así como el indio, el selenio o el galio que son considerados materiales raros. Un consumo excesivo y descontrolado de este tipo de materias primas puede llevar al planeta a una situación de escasez, además los procesos mineros para su obtención suelen provocar fuertes impactos en el entorno donde se extraen.
- Producen un impacto visual muy negativo: por ejemplo, los aerogeneradores de los parques eólicos provocan un daño visual en el paisaje, así como suponen un peligro para las aves que mueren por el impacto con sus aspas. Además, las plantas solares necesitan una expansión de terreno considerable.
- Su producción no es continua para todos los casos: hay diferentes tipos de energías renovables, así como la solar y la eólica que dependen de la presencia del sol y del viento respectivamente. Ante la ausencia de estos recursos la producción se vería afectada y las plantas no podrían producir energía.
- En algunos casos las fuentes renovables se encuentran alejadas de los centros de consumo, por lo que las inversiones en transporte y distribución de la energía pueden ser cuantiosas.
- Provoca una leve contaminación sónica: como en el caso de la eólica que ha llegado a afectar a la salud y el descanso de personas que residían cerca de un parque de este tipo.
- Generan residuos: estos tienen lugar una vez que finaliza la vida de la planta, como por ejemplo en el caso de los paneles fotovoltaicos. Los paneles fotovoltaicos más comunes en el mercado están formados por células fotovoltaicas monocristalinas o policristalinas. Ambas están hechas de silicio, el segundo material más abundante en la tierra y no es ni tóxico ni contaminante. Por otra parte, los módulos fotovoltaicos de capa fina pueden contener metales pesados como cadmio o telurio; sin embargo, un panel fotovoltaico no está clasificado como residuo peligroso, ni siquiera los de telurio de cadmio, pues el porcentaje de sustancias peligrosas está por debajo de lo regulado por la UE. Además, la UE exige desde 2012 que se recupere el 85% de todos los módulos fotovoltaicos utilizados y que se recicle al menos el 80% de cada módulo.

Finalmente podemos añadir que no hay nada que no contamine en absoluto, puesto que todo tiene un resultado al crearse, al usarse o al destruirse que conlleva la producción de gases u otros elementos. No obstante, es una contaminación mucho menor que la producida en general por las energías no renovables. Quizás la energía solar es la menos contaminante en todos los sentidos, aunque el tiempo que tarda en ser amortizada es muy grande.

8.3 Ventajas de las energías no renovables

- Producción ininterrumpida ya que no dependen de las condiciones climatológicas.
- Producen una gran cantidad de energía por unidad de tiempo.
- Se pueden almacenar fácilmente, lo cual es uno de los principales retos a alcanzar por parte de las renovables.
- Mayor eficiencia energética: mientras que el petróleo entrega 45 mil millones de julios por cada metro cúbico, el viento genera solo siete julios por cada metro cúbico a diez mph.
- Contribuyen a la seguridad energética: en condiciones críticas de abastecimiento de recursos energéticos renovables, como puede ser el caso de sequías y la generación de hidroelectricidad, actúan como respaldo del sistema eléctrico.
- No necesitan de un proceso de transformación cuando se extraen.
- Las tecnologías para su extracción, distribución, consumo... llevan muchos años siendo empleadas por lo cual están muy desarrolladas.

- Transporte sencillo: en comparación con las energías renovables transportar petróleo, carbón o gas es bastante más sencillo.
- La energía nuclear presenta ausencia de emisiones de GEI durante su funcionamiento.

8.4 Desventajas de las energías no renovables

- Aumenta la dependencia energética, pues la distribución de los combustibles fósiles como carbón, petróleo, gas... está muy diversificada en el planeta y numerosas regiones, como es el caso de Europa, no cuentan con estas fuentes de energía en abundancia para su abastecimiento.
- Precios con tendencia al alza: el precio de los combustibles fósiles seguirá creciendo a medida que su escasez en la naturaleza sea mayor.
- Alto nivel de agotamiento: los combustibles fósiles no se encuentran de manera ilimitada en la Tierra por lo que llegará el día en el que todas las reservas de gas, petróleo, carbón... se agoten y no haya más remedio que buscar una alternativa renovable.
- Una vez consumidos no se pueden recuperar.
- Daño al medio ambiente: su extracción y su uso despiden gases de efecto invernadero, nocivos para el planeta. Su combustión da como resultado la evolución de gases nocivos que también contaminan y agotan la capa de ozono.
- Efectos negativos en la salud: la ignición de estos combustibles fósiles provoca contaminación en el aire generando problemas respiratorios en las personas como asma e incluso puede afectar a la salud de los neonatos. Según la OMS la contaminación está reconocida como un carcinogénico para los humanos siendo responsable del 36% de las muertes por cáncer de pulmón.
- Peligros en el transporte: aunque su transporte no es especialmente complejo sí que existen riesgos para el entorno, así como el derrame de aceite en los barcos petroleros sobre océanos y mares.

Una vez expuestas las principales ventajas e inconvenientes de ambos tipos de recursos energéticos, podemos concluir que ambos presentan numerosas desventajas.

Es cierto que los daños que causan las energías no renovables, como los combustibles fósiles, al medio ambiente son irreversibles, y el deterioro y la degradación del planeta es un motivo más que suficiente para realizar dicha transición, hacia una neutralidad climática libre de emisiones de GEI.

Además, los combustibles fósiles tienen fecha de caducidad, por lo que invertir en alternativas que puedan proporcionarnos energía de manera segura e inagotable es lo más inteligente. Finalmente, en vistas a conseguir una disminución de la dependencia energética en la UE podemos también frenar el cambio climático, mejorar la calidad de vida y evitar daños en la salud de las personas, asegurar la energía para generaciones futuras, crear numerosos puestos de empleo, hacer que los europeos ahorren dinero en la factura de la luz gracias a una producción autóctona... entre otras muchas más ventajas. Quizás sea por estos motivos por los cuales la Comisión de la UE apuesta por este cambio, ya que, aunque los combustibles fósiles cuentan con numerosas ventajas, estos originan ciertos daños irreparables con un peso inmensamente mayor a los beneficios que puedan aportar.

8.5 Efectos de la energía no renovable sobre la salud

De entre los inconvenientes anteriormente nombrados en relación con los combustibles, nos centraremos a continuación en los efectos nocivos para la salud que la contaminación provoca en las personas (Figura 61-8.5 Efectos de la contaminación en la salud).

Podemos comenzar explicando qué es la contaminación según la OMS y lo define como la presencia de uno o más contaminantes en la atmósfera, como polvo, humos, gases, niebla, olores o vapor en cantidades y duración que pueden ser perjudiciales para la salud humana. La principal vía de entrada de estas pequeñas partículas en el cuerpo humano es a través de las vías respiratorias, siendo estas partículas contaminantes tan pequeñas que pueden incluso penetrar en el torrente sanguíneo, a través de los pulmones, y circular por todo el cuerpo, lo que provoca inflamación sistémica y carcinogenicidad.

Las enfermedades más comunes tras la exposición continuada de las personas a ambientes contaminados y una mala calidad del aire que les rodea son el accidente cerebrovascular, la cardiopatía isquémica, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, el cáncer de pulmón, la neumonía. Existen evidencias claras que también relacionan la exposición a la contaminación del aire con un mayor riesgo de dificultades durante el embarazo (es decir, bajo peso al nacer, menor del feto para la edad gestacional), otros tipos de cáncer, diabetes, deterioro cognitivo y enfermedades neurológicas.

Aunque hay muchas toxinas que tienen efectos adversos en la salud, los contaminantes con mayor evidencia de preocupación para la salud pública incluyen las partículas (PM), el monóxido de carbono (CO), el ozono (O₃), el dióxido de nitrógeno (NO₂) y el dióxido de azufre (SO₂).

Según la OMS alrededor de 7 millones de personas mueren al año por causas directamente relacionadas con la contaminación interna y externa, y recalcan que son conservadores en cuanto a los datos, pues sólo incluyen aquellas muertes por evidencias directas generalmente de personas con patologías previas y evidencias médicas visibles. Debido a este alarmante dato más de 6000 ciudades de 117 países diferentes monitorean a diario la calidad del aire. Además, la OMS establece una relación directa entre los niveles más altos de contaminación y de exposición de las personas con los países de recursos más bajos. Esto ha llevado a dicha organización a subrayar la importancia de frenar el uso de combustibles fósiles y a tomar otras medidas tangibles para reducir los niveles de contaminación del aire.

Según dijo el Dr. Tedros Adhanom Ghebreyesus, director general de la OMS, «Los problemas energéticos actuales ponen de manifiesto la importancia de acelerar la transición a sistemas energéticos más limpios y saludables.». Además, señaló que «Los elevados precios de los combustibles fósiles, la seguridad energética y la urgencia de hacer frente al doble reto sanitario que suponen la contaminación del aire y el cambio climático ponen de manifiesto la urgente necesidad de avanzar más rápidamente hacia un mundo mucho menos dependiente de los combustibles fósiles».



Figura 61-8.5 Efectos de la contaminación en la salud. Fuente: desarrollossostenible.es y OMS

8.6 Medidas para mejorar la calidad del aire y la salud

Según la OMS con la intención de mejorar la calidad del aire y por consiguiente la salud de las personas, los gobiernos pueden tomar las siguientes medidas:

- Adoptar o revisar y aplicar las normas nacionales de calidad del aire de acuerdo con las últimas directrices de la OMS sobre la calidad del aire.
- Monitorear la calidad del aire e identificar sus fuentes de contaminación.
- Apoyar la transición al uso exclusivo de energía limpia en los hogares para cocinar, calentar y alumbrar.
- Construir sistemas de transporte público seguros y asequibles, así como redes para peatones y ciclistas.
- Aplicar normas más estrictas sobre las emisiones y la eficiencia de los vehículos, y hacer obligatorias las inspecciones y el mantenimiento de estos.
- Invertir en viviendas y en sistemas de generación de energía eficientes.
- Mejorar la gestión de los residuos industriales y municipales.
- Reducir la incineración de residuos agrícolas, los incendios forestales y determinadas actividades agroforestales (por ejemplo, la producción de carbón vegetal).
- Incluir la contaminación del aire en los planes de estudio de los profesionales de la salud y proporcionar herramientas para promover la implicación de estos.



Figura 62-8.6 Capa de smog Madrid Capital. Fuente: Carlos Rosillo

9 ¿CÓMO AFECTAN LAS RENOVABLES A LA GENERACIÓN DE EMPLEO?

A lo largo de los años, prácticamente desde que la energía renovable comenzó a ser considerada como la energía del futuro y los países más desarrollados comenzaron a invertir grandes cantidades de dinero y realizar numerosos esfuerzos por dejar de lado los combustibles fósiles y apostar por este tipo de energía, numerosos detractores achacaban a las energías renovables una posible disminución de la empleabilidad, asociada a los millones de empleos que se perderían si los combustibles fósiles desaparecían. Pero con el paso del tiempo se ha demostrado todo lo contrario, las energías renovables suponen una generación de empleo numerosa y de calidad allí donde se instauran. Para estudiar de manera más detallada los efectos que estas han tenido sobre la generación de puestos de trabajo vamos a hacer uso del Renewable Energy and Jobs Annual Review 2023 realizado por IRENA (International Renewable Energy Agency).



Figura 63-9 Evolución del empleo mundial en energías renovables por tecnología, 2012-2022. Fuente: IRENA

La principal conclusión de esta edición es que el sector global de energías renovables empleó directa e indirectamente a 13.7 millones de personas en 2022, cerca de dos tercios de todos los empleos se encuentran en Asia, donde China por sí sola representa el 41% del total mundial. Esta cifra ha experimentado un crecimiento durante la última década, partiendo de 7.3 millones en 2012, gracias principalmente a la energía solar fotovoltaica, bioenergía, energía hidroeléctrica y energía eólica (Figura 63-9 Evolución del empleo mundial en energías renovables por tecnología, 2012-2022).

Concretamente la energía solar fotovoltaica es el sector de más rápido crecimiento y representa más de un tercio de la fuerza laboral total de energía renovable donde las mujeres ocupan el 40% de estos empleos. La generación de empleo con respecto a este sector España se encuentra en el puesto número 9 a nivel mundial.

En 2022, el sector de energía eólica instaló una capacidad de 74.6 GW, un 19% menos que el año anterior y un 33% más lento que el ritmo récord en 2020. El empleo global en energía eólica Onshore y Offshore se mantuvo estable en 1.4 millones de empleos en 2022 concentrándose en un número relativamente pequeño de países. China representó el 48% del total mundial, seguido por Asia (55%), Europa (29%), las Américas (16%) y África y Oceanía (0.7%). De nuevo España vuelve a estar presente en el top 10 mundial ocupando la octava posición.

La energía hidroeléctrica sigue a la vanguardia del panorama de las energías renovables, con una capacidad global que superará los 1.255 GW en 2022. Esta cifra se traduce en un impresionante 37 % de la capacidad total mundial de energía renovable. La capacidad total de energía hidroeléctrica instalada supera la de la energía eólica y solar fotovoltaica, aunque las adiciones anuales son mucho menores ahora: unos 20,5 GW en 2022. El último informe de IRENA estima que alrededor de 2,49 millones de personas estaban empleadas directamente en el sector en 2022, un 2,3% más que el año anterior donde la operación y el mantenimiento representan dos tercios de los empleos directos, el 30% de los empleos están relacionados con actividades de construcción e instalación, y alrededor del 6% están en la fabricación de componentes. China sigue dominando el empleo en energía hidroeléctrica con una participación del 35% del total mundial y en este caso tan sólo un país miembro de la UE se encuentra en el top 10, Noruega.

IRENA estima que el empleo mundial de biocombustibles en 2022 fue de 2,5 millones, principalmente en operaciones de materias primas. América Latina representa el 42% de todos los empleos relacionados con los biocombustibles en todo el mundo, mientras que Asia (principalmente el Sudeste Asiático) representa el 37%. Los sectores agrícolas más mecanizados de América del Norte y Europa representan proporciones de empleo menores (15% y 6%, respectivamente).

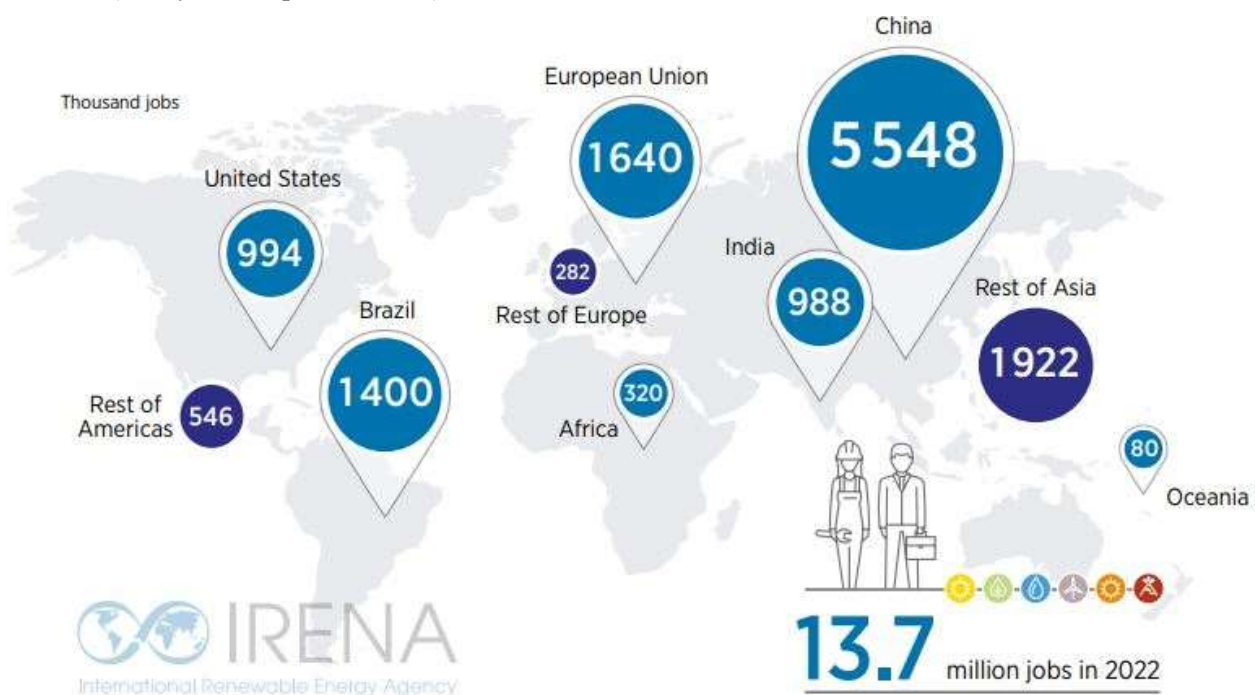


Figura 64-9 Panorama mundial de la creación de empleos relacionados con las energías renovables. Fuente: IRENA










	World	China	Brazil	United States	India	European Union (EU27) ^a
 Solar PV	4 902	2 760	241	264 ^f	282 ⁱ	517
 Liquid biofuels	2 490	55	856 ^o	360 ^o	35	148
 Hydropower ^a	2 485	876	194	66 ^h	466	83
 Wind power	1 400	681	68	126	40	319
 Solid biomass ^{b, c}	779	195		47 ⁱ	58	354
 Solar heating and cooling	712	557	41	n.a.	19	38
 Biogas	309	160		n.a.	85	47
 Geothermal energy ^b	152	87		8.6 ⁱ		7
 Concentrated solar power	80	59.4		n.a.		5
Total	13 720^d	5 548	1 400	994^e	988	1 534^e

Figura 65-9 Empleos directos e indirectos estimados en energías renovables en todo el mundo, por industria, 2021-2022. Fuente: IRENA

Europa cuenta con aproximadamente 1.8 millones de empleos en energías renovables, de los cuales 1.6 millones están en los 27 estados miembros de la UE. El sector eólico europeo habría tenido 402,000 puestos de trabajo, con 319.000 en la UE-27. Sin embargo, la fabricación de turbinas eólicas enfrenta desafíos, con una disminución del 47% en los pedidos de nuevas turbinas, atribuida a la competencia a nivel mundial. Empresas líderes, como Siemens Gamesa, han anunciado recortes de empleo debido a pérdidas operativas.

En el sector solar, Europa agregó 37.7 GW en 2022, con un aumento significativo en empleos. Se estima que había 517,000 empleados en 2022, con un enfoque en el despliegue solar donde la Comisión Europea lanzó la Alianza de la Industria Fotovoltaica Solar para lograr 30 GW de capacidad de fabricación anual para 2025. A pesar de la competencia china, se proyecta un crecimiento en empleos en la industria solar europea. En bioenergía, se estima que hay 549,000 empleos, destacando el uso de biomasa sólida en la UE.

En los últimos años, las energías renovables han avanzado notablemente en España, contribuyendo significativamente a la economía nacional y al mercado laboral. Según un estudio de la Asociación de Productores de Energía Renovables (APPA, 2022), el sector de las energías renovables aportó el 1,6% del producto interior bruto (PIB). El sector proporcionó empleo a aproximadamente 111.409 trabajadores y las instalaciones solares fotovoltaicas experimentaron un aumento del 59% en las oportunidades de empleo, especialmente aquellas enfocadas al autoconsumo. Además, otras tecnologías renovables, como la eólica, la solar térmica y la marina, también contribuyeron positivamente a la creación de nuevos puestos de trabajo. Todo esto resultó en una impresionante ganancia neta general en oportunidades de empleo de casi el 20% en comparación con el año anterior (APPA, 2022). Mientras tanto, en un nuevo estudio realizado en colaboración con la Fundación Naturgy, el Instituto Español de Transición Justa (ITJ) estima que la transición energética ha creado más de 152.000 puestos de trabajo en los últimos siete años (2015-2022).

Por lo tanto, según los datos recogidos por IRENA, podemos concluir con que las energías renovables es uno de los campos que más creación de empleo puede generar dentro del sector energético. Además, teniendo en cuenta que todavía queda mucho por hacer en lo que a este mundo se refiere, es decir, la competencia que existe en el campo de las renovables es más alta que en cualquier otro sector pues quedan muchos temas que abordar, como la investigación de métodos de almacenamiento más económicos y efectivos. Esto lleva a que los países, y concretamente la UE, realicen inversiones millonarias en este campo permitiendo que la integración de nuevo personal no cese. Aunque es cierto que China es una competencia con un gran peso que cada vez gana más terreno en el mercado dejando a Europa en una posición secundaria. Finalmente quiero destacar que podemos cumplir con los objetivos climáticos y energéticos establecidos aumentando la riqueza y empleabilidad de nuestro continente.

CONCLUSIONES

Tras la realización de este trabajo, pienso que aun siendo evidente que la actual situación energética de la UE es insostenible a largo plazo, la buena noticia es que la UE es plenamente consciente de ello y está trabajando e invirtiendo en la búsqueda de soluciones. Principalmente se debe a que nuestra economía, industria, así como los servicios más básicos dependen de fuentes de energía inexistentes en nuestro territorio, por lo que nos encontramos en una situación de dependencia brutal con respecto a países ajenos a la unión, países con situaciones geopolíticas complicadas que nos afectan de manera directa.

La seguridad del suministro, la fluctuación del precio de la energía, la alta tasa de dependencia... son los principales motivos por los que la UE ha realizado los distintos programas tales como REPowerEU, Fit For 55, El Plan Industrial del Pacto Verde Europeo... Pero tras toda la información recopilada me hago la siguiente pregunta ¿todo este cambio en el modelo de consumo actual, con vistas a alcanzar un continente climáticamente neutro, se debe realmente a una preocupación medioambiental o simplemente a una mera preocupación política y económica? Sinceramente creo que los motivos económicos son los que han impulsado a la UE a realizar todos estos planes de acción, que de manera directa también influyen sobre el cambio climático.

Desde la revolución industrial Europa ha sido por mucho tiempo el mayor emisor de GEI del mundo y aunque hoy en día China, India y Estados Unidos nos superan en términos de emisiones netas, es necesario recordar que los GEI emitidos en años previos no desaparecen de la noche a la mañana de la atmósfera, sino que permanecen en esta incluso por miles de años, y que históricamente gran parte del cambio climático actual es responsabilidad de nuestro modelo energético en el pasado. Es por ello que pienso que la UE debe ser un ejemplo en materia de energía renovable dentro y fuera de los territorios que la forman. No podemos exigir a países en vías de desarrollo que frenen su crecimiento económico y social negándoles la posibilidad de utilizar combustibles fósiles cuando el crecimiento de nuestro continente se hizo a base de estos. La UE debe impulsar planes de expansión de renovables en países subdesarrollados si de verdad son las cuestiones climáticas y medioambientales las que están encima de la mesa.

Desde mi punto de vista, actualmente todavía quedan muchos retos por superar para alcanzar la neutralidad climática y una producción 100% made in Europe como recalca la presidenta de la Comisión Ursula von der Leyen. No existe ninguna forma de almacenamiento realmente tentadora que presente altas eficiencias con bajos costes, las baterías siguen siendo caras y el almacenamiento en estas a nivel industrial es prácticamente imposible. Por otro lado, el almacenamiento hidráulico que sí puede ser competitivo con respecto a los precios de las baterías se ve duramente “golpeado” por una disminución de las precipitaciones directamente ocasionadas por el cambio climático, por lo que el nivel de explotación de este tipo de almacenamiento por los países más secos es realmente bajo, de ahí el motivo por el que en los últimos años este sector apenas ha experimentado crecimiento alguno en España.

En cuanto a la firme y gran apuesta de la UE por el hidrógeno verde como el gas del futuro pienso que aún quedan muchos temas por abordar con respecto a este. Principalmente en términos de eficiencia, apenas supera el 35% en los mejores casos, dato que no es competitivo con otras formas de energías renovables, como la solar, hidráulica o eólica. Bien es cierto que cualquier nueva tecnología renovable que aparezca, por mayor o menor que sea su participación en el mix energético actual, será bienvenida pues disminuirá el porcentaje de consumo de combustibles fósiles y por lo tanto reducirá nuestra dependencia energética. El plan de actuación de la UE con respecto al hidrógeno verde tiene sentido, puesto que ante la falta de madurez de este sector las grandes inversiones que han realizado permitirán un avance en la investigación y desarrollo de este.

Para no volver a alcanzar los precios desorbitados de la energía que la guerra ruso-ucraniana provocó, la única alternativa son las renovables que, como he explicado en el desarrollo de este trabajo, afectan de manera positiva a la factura del consumidor llegando a conseguir tramos horarios con 0 €/MWh. La UE tiene una postura firme con respecto a esta situación vivida y pretende mediante todas las inversiones realizadas en materia de energía renovable que jamás vuelva a suceder. El acceso a la energía en Europa no puede ser considerada un lujo, sino más bien un derecho fundamental, pero mientras los ciclos combinados de gas sigan entrando en el actual mercado marginalista existirán tramos horarios que superen con facilidad los 100 €/MWh.

¿Puede plantearse un cambio en el modelo del Mercado Eléctrico cuando las renovables cubran casi la totalidad de la demanda? Creo que en el momento en el que exista una forma definitiva de almacenamiento de energía eléctrica, los generadores a partir de fuentes renovables no tendrán la necesidad de vender su energía en el momento en el que es producida y en un modelo ideal, con una producción 100% renovable, se podría producir un monopolio de este sector, efecto conocido como la canibalización de las renovables. Además, la rentabilidad de este tipo de energía está en que finalmente, debido al modelo marginalista del mercado, venden toda su producción al precio de la energía casada, evidentemente por encima de los 0 €/MWh para gran parte de los tramos horarios, pero ello podría no garantizar una rentabilidad futura haciendo mella en la predisposición de los inversores a la hora de apostar por este tipo de proyectos.

Finalmente quiero destacar que los beneficios económicos, políticos y en términos de salud y empleabilidad que las renovables pueden aportar a la UE son enormes y por lo tanto determinan que el futuro es renovable. Eso si la maduración y desarrollo del sector no finaliza aquí, para que este sector siga siendo competitivo la UE, tal y como está haciendo actualmente, debe seguir destinando fondos al desarrollo de estas, así como a su investigación. La apuesta por las renovables es una necesidad y el papel que está tomando la UE considero que es el adecuado para adaptarse a este nuevo modelo energético. En términos de emisiones de GEI el trabajo a desarrollar para conseguir frenar el calentamiento global se extiende a nivel mundial, pero las acciones deben empezar por uno mismo y es importante servir de ejemplo fuera de nuestras fronteras.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] [Shedding light on energy - 2023 edition - Interactive publications - Eurostat \(europa.eu\)](#)
- [2] [Energy trade visualisation tool \(europa.eu\)](#)
- [3] [REPowerEU: energía asequible, segura y sostenible para Europa](#)
- [4] [EC AV PORTAL \(europa.eu\)](#)
- [5] [Pacto Verde Europeo - Consilium \(europa.eu\)](#)
- [6] [El Pacto Verde Europeo \(europa.eu\)](#)
- [7] [El corredor del hidrógeno verde H2Med costará 2.500 millones de euros y estará listo en 2030 - El Periódico de la Energía \(elperiodicodelaenergia.com\)](#)
- [8] [H2Med y la Red Troncal Española de Hidrógeno, incluidos en la lista de Proyectos de Interés Común de la CE - El Periódico de la Energía \(elperiodicodelaenergia.com\)](#)
- [9] [Hidrógeno verde: qué es, ventajas y desventajas - ENERGIARENOVABLE.CAT](#)
- [10] [Los desafíos del hidrógeno verde - El Periódico de la Energía \(elperiodicodelaenergia.com\)](#)
- [11] [Nuevas soluciones para el transporte de hidrógeno verde en la red de gas natural - Abogados López-Ibor Mayor & Asociados \(ejilopezibor.com\)](#)
- [12] [El hidrógeno verde, la nueva burbuja - El Periódico de la Energía \(elperiodicodelaenergia.com\)](#)
- [13] [El petróleo sube con fuerza ante el conflicto en Israel y se acerca a los 90 dólares - Bolsamanía.com](#)
- [14] [El petróleo acaricia de nuevo los 90 dólares en plena guerra abierta entre Israel y Hamás | Economía | EL PAÍS \(elpais.com\)](#)
- [15] [Así afronta España el cierre del gasoducto del Magreb | Economía | EL PAÍS \(elpais.com\)](#)
- [16] [El suministro de gas a España en peligro: Argelia cierra el gasoducto del Magreb el 31 de octubre \(okdiario.com\)](#)
- [17] [Inflación: qué es - Diccionario de Economía \(economista.es\)](#)
- [18] [¿Cómo afecta la inflación a los precios de la gasolina? \(inflacion.es\)](#)
- [19] [Inflation and consumer prices \(europa.eu\)](#)

- [20] [Hicp vs IPC comparando dos medidas clave de inflacion de precios - FasterCapital](#)
- [21] [De la Gran Depresión al estallido de 2008: cómo se resolvieron 4 grandes crisis económicas del pasado \(y qué soluciones se podrían aplicar en la del coronavirus\) - BBC News Mundo](#)
- [22] [2012: Un año de crisis económica para la Unión Europea - Diario Libre](#)
- [23] [Las 14 recesiones de los últimos 150 años \(y por qué la del coronavirus sería la cuarta peor\) - BBC News Mundo](#)
- [24] [La evolución del precio del petróleo en el siglo XXI - Mapas de El Orden Mundial - EOM](#)
- [25] [La UE construyó la cifra récord de 17 GW de nueva energía eólica en 2023 - El Periódico de la Energía \(elperiodicodelaenergia.com\)](#)
- [26] [La Curva de Pato: Un desafío para el sector de la energía | LinkedIn](#)
- [27] [Almacenamiento de energía frente a 'the duck curve' - E.nova Enerxía \(enova-enerxia.com\)](#)
- [28] [Sistemas de almacenamiento de energía | Endesa](#)
- [29] [Todo lo que necesitas saber sobre el tamaño de las baterías - Iberdrola](#)
- [30] [Qué es el electrolito de una batería y por qué es tan importante para los coches eléctricos \(motor.es\)](#)
- [31] [¿Sabes para qué sirven las centrales hidroeléctricas de bombeo? - Iberdrola](#)
- [32] [Las centrales termosolares con almacenamiento de energía - esenergia](#)
- [33] [Mejora de la reversibilidad de materiales termoquímicos para almacenamiento térmico en centrales de concentración solar | CIC energiGUNE](#)
- [34] [Almacenamiento térmico: el camino hacia la optimización de la gestión energética | CIC energiGUNE](#)
- [35] [Almacenamiento de energía por aire comprimido - Serviaire](#)
- [36] [PUSHING THE LIMITS OF LARGE-SCALE ENERGY STORAGE: OPTIMIZED COMBINED CYCLE CAES | PUSH-CCC | Project | Fact sheet | HORIZON | CORDIS | European Commission \(europa.eu\)](#)
- [37] [Conoce las Comunidades Energéticas | Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia Gobierno de España. \(planderecuperacion.gob.es\)](#)
- [38] [160621-Plan_Recuperacion_Transformacion_Resiliencia.pdf \(lamoncloa.gob.es\)](#)

- [39] [Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico - DetalleParticipacionPublica \(energia.gob.es\)](#)
- [40] [Comunidades energéticas en Europa: Ejemplos inspiradores · Resolvemos \(resolem.com\)](#)
- [41] [6 Ejemplos de comunidades energéticas exitosas - Bassols Energía \(bassolsenergia.com\)](#)
- [42] [Aprobado el paquete de medidas “Fit for 55” | Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030 \(mitma.es\)](#)
- [43] [Executive summary – Global EV Outlook 2023 – Analysis - IEA](#)
- [44] [Estado de la movilidad eléctrica en España: ¿Cuántos puntos de recarga de coches eléctricos hay? | Blog Bankinter](#)
- [45] [¿Son caros los coches eléctricos? El coste oculto de nuestro vehículo: eléctrico contra tradicional \(xataka.com\)](#)
- [46] [Informe Global EV Outlook 2022 sobre vehículo eléctrico | Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030 \(mitma.es\)](#)
- [47] [La inversión en vehículos eléctricos en la UE se multiplicó por 19 en 2019, hasta los 60.000 millones \(eleconomista.es\)](#)
- [48] [Plan Moves III: ayudas de hasta 7.000 euros para la compra de un coche eléctrico \(lavanguardia.com\)](#)
- [49] [La eólica instala 1.670 MW en 2022 - Asociación Empresarial Eólica \(aeolica.org\)](#)
- [50] [España es una potencia de la energía eólica, pero tiene una gran deuda con la offshore: así aspira a corregirla \(xataka.com\)](#)
- [51] [▷ Km de costa española | Actualizado noviembre 2023 \(elregimiento.es\)](#)
- [52] [Por fin tenemos POEMs para la eólica marina - WeMake Consultores](#)
- [53] [La energía eólica marina: una oportunidad de aprendizaje para España - El Periódico de la Energía \(elperiodicodelaenergia.com\)](#)
- [54] [Eólica marina | Idae](#)
- [55] [Energía Geotérmica - Qué es, cómo funciona, ventajas y desventajas \(concepto.de\)](#)
- [56] [España alcanza los 293 MW de potencia geotérmica instalada • Geotermia \(geotermiaonline.com\)](#)
- [57] [Energía geotérmica en España: Descubre el potencial y tendencias del mercado energético renovable - Nova Esfera](#)
- [58] [¿Qué es la energía geotérmica? | National Geographic](#)
- [59] [La geotermia, pieza clave en la estrategia de transición energética en España - El Periódico de la Energía \(elperiodicodelaenergia.com\)](#)

- [60] [*2172017Transición energética Rev Ana-2-3 \(fundacionalalternativas.org\)](#)
- [61] [Autoconsumo, una de las claves para acelerar la transición energética \(eleconomista.es\)](#)
- [62] [Precio horario del mercado diario | OMIE](#)
- [63] [Curvas agregadas de oferta y demanda | OMIE](#)
- [64] [Energía horaria por tecnologías | OMIE](#)
- [65] [Energías renovables | Greenpeace España - ES | Greenpeace España](#)
- [66] [▷ 10 Ventajas y desventajas de las energías renovables \(geologiaweb.com\)](#)
- [67] [Energías renovables: ventajas y desventajas - Resumen \(ecologiaverde.com\)](#)
- [68] [¿Cuáles son los daños colaterales de las energías renovables? | Verificat \(elperiodico.com\)](#)
- [69] [Ventajas y desventajas de las energías no renovables | 2023 | Economipedia](#)
- [70] [22 Ventajas Y Desventajas De Los Combustibles Fósiles – Proyecto Vida Plena](#)
- [71] [Calidad del aire y salud \(who.int\)](#)
- [72] [Miles de millones de personas siguen respirando aire insalubre: nuevos datos de la OMS \(who.int\)](#)
- [73] [Las nuevas Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire tienen como objetivo evitar millones de muertes debidas a la contaminación del aire \(who.int\)](#)
- [74] [Renewable energy and jobs: Annual review 2023 \(irena.org\)](#)

GLOSARIO

AELEC: Asociación de Empresas de Energía Eléctrica
APPA: Asociación de Productores de Energía Renovables
CAES: Compressed Air Energy Storage
CAISO: California Independent System Operator
CSP: Concentrated Solar Power
SAM: System Advisor Model
PCM: Phase-Change Material
EERR: Energías Renovables
ELP: Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo
FV: Fotovoltaica
GEI: Gas de Efecto Invernadero
GNL: Gas Natural Licuado
IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
IRENA: International Renewable Energy Agency
ISO: Independent System Operator
ISTAS: Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud
ITJ: Instituto Español de Transición Justa
IVA: Impuesto sobre el Valor Añadido
OMIE: Operador del Mercado Ibérico de la Energía
OMS: Organización Mundial de la Salud
PCI: Proyectos de Interés Común
PIB: Producto Interior Bruto
PCM: Phase-Change Material
TRL: Technology Readiness Level
PNIEC: Plan Nacional Integrado de Energía y Clima
IA: Inteligencia Artificial
CE: Comunidades energéticas
POEM: Planes de Ordenación del Espacio Marítimo
REE: Red Eléctrica de España
UE: Unión Europea
WTI: West Texas Intermediate
IPC: Índice de Precios al Consumidor
HIPC: International Conference on High Performance Computing
ZAP: Zonas de Alto Potencial

