



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
Instituto Católico de Administración y Dirección de Empresas (ICADE)

TRANSFORMACIÓN ESTRATÉGICA DEL SECTOR ENERGÉTICO ESPAÑOL

Análisis de la estrategia de REPSOL

Autor: Jesús de Blas Casas
Clave autor: 201911234

Tutor: Pablo Blanco Juarez

RESUMEN

El presente documento trata de aportar luz acerca de la transformación del sector energético español, centrándose en el sector de petróleo y gas (O&G) y analizando la estrategia y objetivos definidos por la empresa Repsol. El objetivo principal es examinar el impacto de la transición energética en este sector.

En la introducción, se contextualiza el tema elegido y se establecen en profundidad los objetivos de la investigación. Además, se describe la metodología utilizada para llevar a cabo el estudio.

En el marco teórico se explora el concepto de energía, incluyendo las fuentes de energía primarias y la estructura del flujo energético. A continuación, se analiza el sector energético español, examinando el flujo de la energía en España y realizando un análisis de la balanza comercial de energía en España. También se caracteriza el sector O&G español, evaluando su impacto en la economía y analizando las tendencias y transformaciones históricas en el sector. A continuación, se realiza un análisis de la cadena de valor del sector O&G español, con el objetivo de diferenciar los distintos negocios de los que está compuesto el modelo de negocio (al tratarse de compañías que integran la totalidad de la cadena de valor). La transformación del sector O&G es uno de los aspectos clave que se aborda en esta sección. Finalmente, se explorará el concepto de transición energética donde destaca el papel de la transformación digital en el sector O&G, como catalizador hacia esta transición al concepto de empresa “multienergía”, así como los distintos escenarios establecidos según horizonte temporal y velocidad de desarrollo tecnológico.

Finalmente, el análisis práctico del trabajo se centrará en el caso de Repsol, realizando un análisis de su estrategia, no solo corporativa, sino también en términos de digitalización. Se examinan también transacciones recientes de Repsol y se compara el posicionamiento estratégico con su principal competidor, CEPSA.

Finalmente, se resumen los principales hallazgos del estudio, se discuten las implicaciones para el sector O&G español y se sugieren líneas futuras de investigación que podría resultar de interés para la comunidad académica.

ABSTRACT

This paper seeks to shed light on the transformation of the Spanish energy sector, focusing on the oil and gas (O&G) sector and analyzing the strategy and objectives defined by the company Repsol. The main objective is to examine the impact of the energy transition in this sector.

In the introduction, the chosen topic is contextualized and the research objectives are established. In addition, the methodology used to carry out the study is described in depth.

The theoretical framework explores the concept of energy, including primary energy sources and the structure of the energy flow. Next, the Spanish energy sector is analyzed, examining the energy flow in Spain and performing an analysis of the energy trade balance. The O&G sector in Spain is also characterized, assessing its impact on the economy and analyzing the historical trends and transformations in this sector. This is followed by an analysis of the value chain of the Spanish O&G sector, with the aim of differentiating the different businesses of which the business model is composed (as these companies integrate the entire value chain). The transformation of the O&G sector is another key aspect addressed in this section. Finally, the concept of energy transition will be explored, highlighting the role of digital transformation as a catalyst towards this transition in the O&G sector.

The practical analysis of the paper focuses on the case of Repsol, performing an analysis of its strategy, specifically in terms of digitalization. It also examines recent Repsol transactions and compares its strategic positioning with its main competitor, CEPSA.

Finally, we summarize the main findings of the study, discuss the implications for the Spanish O&G sector and suggest future lines of research that could be of interest to the academic community.

PALABRAS CLAVE

Fuentes de energía, matriz energética, suministro total de energía primaria, demanda energética, dependencia energética, soberanía energética, petróleo, gas, hidrógeno, biocombustibles, electrificación, transición energética, descarbonización, escenarios energéticos, eficiencia energética, inversión, transformación, estrategia, digitalización, Repsol, Cepsa.

KEY WORDS

Energy sources, energy matrix, total primary energy supply, energy demand, energy dependence, energy transition, decarbonization, energy scenarios, energy sovereignty, oil, gas, hydrogen, biofuel, electrification, energy efficiency, investment, transformation, strategy, digitalization, Repsol, Cepsa.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	6
1.1. Contextualización del tema elegido	6
1.2. Objetivos	7
1.3. Metodología	8
MARCO TEÓRICO	9
2.1. La energía	9
2.1.1. Fuentes de energía primarias	9
2.1.2. Estructura del flujo energético	14
2.2 Sector Energético Español	17
2.2.1. Flujo de la energía de España	17
2.2.2. Análisis de la balanza comercial de energía en España	21
2.3. Caracterización del sector O&G en España	26
2.3.1. Impacto del sector O&G en la economía española	28
2.3.2. Tendencias y transformaciones históricas en el sector O&G	30
2.3.3. Análisis de la cadena de valor del sector <i>O&G español</i>	33
2.4. Transformación del sector O&G.....	35
2.4.1. La transición energética.....	35
2.4.2. Transformación digital: catalizador hacia la transición energética en el sector	45
Caso de implantación de estrategia de digitalización en O&G.....	47
ANÁLISIS PRÁCTICO	48
3.1. Repsol: Análisis de estrategia.....	48
3.1.1 Análisis de estrategia de digitalización.....	53
3.2. Repsol: Análisis de transacciones recientes	56
3.3. Posicionamiento REPSOL respecto a principal competidor (CEPSA)	58
CONCLUSIONES	61
4.1. Resumen de los principales hallazgos	61
4.2. Implicaciones para el sector.....	63
4.3. Líneas futuras de investigación	63
BIBLIOGRAFÍA	66

INTRODUCCIÓN

1.1. Contextualización del tema elegido

En la actualidad vivimos tiempos de extrema volatilidad y de cambios abruptos y en muchas ocasiones difícilmente predecibles; sumado a esta dinámica, vivimos un desarrollo tecnológico sin precedente que posibilita avances que hace tan solo una década serían impensables.

Esta ha sido la base preliminar a la hora de elegir un tema de estudio para este trabajo de fin de grado. Existen diversas revoluciones que se solapan en el tiempo actual. Entre ellas se encuentran la digitalización y su impacto en diferentes sectores, la 4ª Revolución Industrial, referente a los datos y su utilización, y cuyo impacto en los ámbitos social y empresarial es objeto de un intenso debate, los avances en computación cuántica y en las bases tecnológicas que la harán posible en las próximas décadas como son los semiconductores fotónicos, que por otro lado ya son la base de otras muchas aplicaciones como el revolucionario LiDaR (Laser imaging Detection and Ranging) tecnología sobre la cual se sostiene el futuro de la movilidad y la conducción autónoma, y otros muchos cambios que pronto supondrán una realidad y cuyo potencial de crecimiento es, a día de hoy, difícilmente calculable.

Frente a esta multitud de temas posibles en los que profundizar, salta a la vista del autor uno con relación a todos los mencionados. Y es que todas estas tendencias, desarrollos y avances implican un aumento del consumo y la producción de energía. En innumerables ocasiones ha quedado constatada la relación directamente proporcional entre consumo energético y desarrollo económico, y es que, sin energía, la industria no es capaz de producir.

"La energía es un motor clave del crecimiento económico y la prosperidad, y se espera que la demanda de energía en todo el mundo siga aumentando a medida que las personas en los países en desarrollo busquen mejores niveles de vida" (Biol, 2021, traducción propia).

Sin embargo, cada vez con más frecuencia se relaciona el crecimiento económico y la prosperidad a los avances tecnológicos, como paso intermedio entre la relación crecimiento económico / desarrollo energético.



Fig. 1. De elaboración propia

"La energía no es solo una fuente de calor y luz. La energía es la base física de la economía moderna, y la tecnología es la base intelectual. La energía potencia la tecnología, y la tecnología mejora la eficiencia energética, lo que a su vez conduce a nuevas innovaciones tecnológicas" (Mills, 2018, p. 38).

Es por ello que es de especial relevancia, analizar cómo opera a día de hoy el sector de la energía en España, cuál es su estructura, cómo está evolucionando, y cual está siendo la respuesta de sus múltiples agentes ante las imposiciones y normativas europeas y nacionales, que desde el acuerdo de París del 4 de noviembre de 2016, concentra sus esfuerzos en reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

De acuerdo con esta tendencia, se tratará de profundizar especialmente en el caso del sector del crudo de petróleo y gas, popularmente conocido como "Oil & Gas" (O&G), analizando las estrategias competitivas predominantes en el sector.

Se analizará así mismo el fundamento de los factores que han conducido a las empresas del sector a realizar una transformación de sus modelos de negocio.

1.2. Objetivos

Los principales objetivos de este trabajo de investigación son los siguientes:

- Comprender las dinámicas y tendencias globales en cuanto al mercado de la transformación y distribución de energía
- Facilitar el entendimiento del lector de las operaciones del sector petrolífero español, modelo de negocio actual y cadena de valor
- Identificar las tecnologías en desarrollo con mayor potencial de crecimiento
- Analizar la estrategia competitiva llevada a cabo por Repsol

1.3. Metodología

Con el fin primordial de cumplir con los objetivos marcados en la anterior sección, se han establecido dos partes claramente diferenciadas: la primera relativa al estudio e investigación del marco teórico, referente al sector energético con foco en el sector O&G español, repasando su estructura, historia y motivaciones para la transformación; la segunda parte comprenderá un análisis de caso de la principal compañía del sector Oil & Gas español, REPSOL. Esta parte constará por tanto de un carácter puramente empírico y en ella se procederá a comparar la estrategia real diseñada por la compañía, así como a determinar el grado actual de implementación de las misma.

MARCO TEÓRICO

De cara a presentar una imagen fiel del sector energético español a fecha de hoy, comenzaremos presentando en profundidad el concepto de energía, de cara a caracterizar las dinámicas y del sector español, y posteriormente haciendo foco en el sector petrolífero, comúnmente llamado Oil & Gas (O&G)

2.1. La energía

A la hora de analizar el consumo energético de España, es de vital importancia comprender el concepto de energía primaria, que es la energía obtenida directamente de los recursos naturales, según los cuales, clasificaremos las fuentes de energía primarias en fuentes combustibles y fuentes flujo de energía.

Estas fuentes de energía, en su mayoría, serán transformadas en energía de uso final. La ley de conservación de la energía (Carnot, 1824) que establece que la energía “ni se crea ni se destruye, solo se transforma” supone la base del entendimiento de las fuentes de energía y su posterior transformación.

Esto es importante pues no es lo mismo analizar el mix energético español desde el punto de vista del suministro de energía primaria o desde su transformación a electricidad para el consumo final total (CFT).

La energía primaria se encuentra disponible en el medio que nos rodea, en fuentes, de las dos formas mencionadas anteriormente y que se procede a definir.

(Enciclopedia de la energía – Calgary University, 2022)

2.1.1. Fuentes de energía primarias

Fuentes de energía de tipo combustible:

Suponen el fundamento del sistema energético. Las fuentes de energía de tipo combustible, son aquellas procedentes de recursos naturales como el carbón, el gas natural, el uranio, la leña, las sobras vegetales... Estos dos últimos, además, son ejemplos de combustibles vegetales utilizados para la quema de biomasa,

otra fuente de energía primaria. Estos recursos son “despachables” o “depósitos de energía”, es decir son explotados en el momento de su consumo, pasando entonces a convertirse en fuentes de energía. De estos combustibles primarios, los recursos como el carbón y el gas natural actúan como input de energía para obtener energía en forma de calor. Posteriormente veremos como esa energía puede ser transformada en energía eléctrica mediante el proceso utilizado fundamentalmente en las centrales de ciclo combinado, en cuanto al gas natural se refiere.

Por otro lado, también encontramos bajo la categoría de combustibles, recursos naturales como el crudo de petróleo, que es extraído, procesado y refinado hasta su transformación en combustibles secundarios como son la gasolina, el diésel o el keroseno, que sin embargo no son recursos naturales, pues no se encuentran presentes en el entorno de forma natural. Se profundizará sobre la explotación de los combustibles fósiles como fuente de energía primaria, en la sección: Caracterización del sector *Oil & Gas*

Fuentes de energía de tipo flujo:

El segundo tipo de fuente de energía primaria está compuesto por las fuentes de flujo; son procesos naturales cuya energía está asociada al movimiento de sus partículas (flujo) y que puede ser transformada de forma útil. Estas se pueden encontrar en estado líquido (el agua), gaseoso (el aire, como mezcla de distintos gases) o incluso de ondas electromagnéticas (la luz, para el caso de energía fotovoltaica).

Las fuentes de tipo flujo incluyen el aprovechamiento de:

- Energía solar
 - Fotovoltaica
 - Térmica solar
- Energía eólica
- Energía mareomotriz
- Energía de las olas
- Energía geotérmica

Este tipo de energía es a menudo considerado “renovable” y “sostenible” -dos conceptos que a pesar de estar relacionados, no significan lo mismo- pues los flujos tienden a recomponerse de forma natural, reponiendo su suministro de energía. En la actualidad, parece posible la utilización de los flujos primarios de forma insostenible, y un precedente de ello se ha dado con la energía geotérmica, que como se estudiará en detalle libera gases de efecto invernadero como el azufre y el CO₂.

Cabe destacar el hecho de que la contabilidad del consumo energético que se hace a raíz de las fuentes de energía de flujo, es complejo, por lo que solamente se contabiliza aquella energía que es posteriormente transformada en electricidad. Pongamos un simple pero clarificador ejemplo encontrado en la enciclopedia de la energía de la Universidad de Calgary:

En navegación a vela, el aprovechamiento de la energía procedente del viento (eólica) evidentemente no es contabilizado y sin embargo se está aprovechando para producir movimiento. En el caso de las mareas, ocurre lo mismo, aquellas embarcaciones que aprovechan las mareas y planifican sus rumbos teniéndolas en cuenta, no pueden decir que estén utilizando energía mareomotriz para desplazarse.

Estos flujos primarios, se caracterizan principalmente por ser muy difusos, es decir, poseer una densidad energética muy baja, a diferencia de las fuentes combustibles.

La densidad energética debe ser entendida como la cantidad de energía que puede almacenarse en un sistema, sustancia, o región del espacio. Suele representarse con la letra U, y puede medirse volumétricamente, si se compara la cantidad de energía presente o almacenada con el volumen que ocupa (Vatios-hora/L o Megajulios/L); o gravimétricamente si se compara con su masa (Vatios-hora/Kg o Megajulios/Kg). La densidad energética gravimétrica también se denomina energía específica. ("Densidad energética"- Calgary University, 2022).

A continuación, se muestra un gráfico con los distintos combustibles primarios y secundarios con mayor densidad energética.

Densidades energéticas por combustible (2022; MJ/Kg)

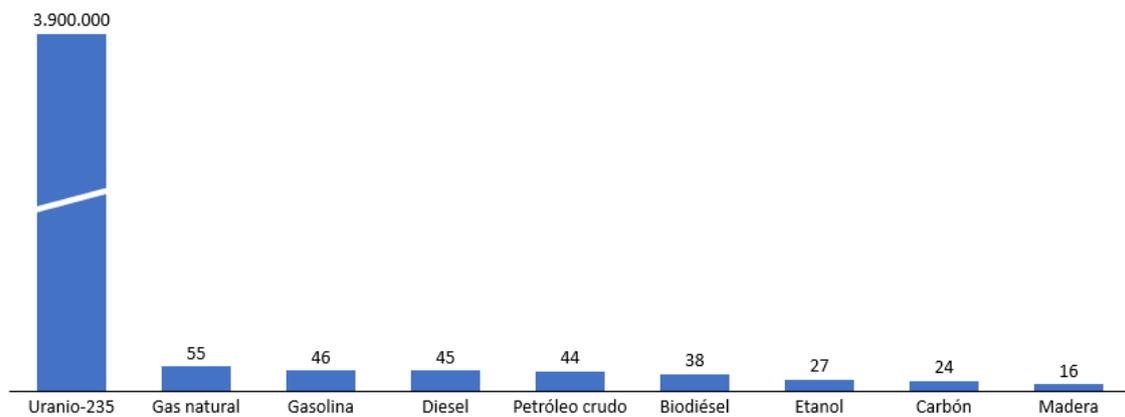


Fig. 2. Elaboración propia.
Fuentes: I. Hore-Lacy, Y. Chisti, A. Golnik, University of Calgary

Como se puede apreciar, el Uranio se encuentra a la cabeza, su barra ha sido reducida manualmente para permitir la representación gráfica del resto de combustibles. Además, es notorio el hecho de que ninguna energía de tipo flujo se encuentra en el ranking representado, debido a la bajísima densidad energética de las fuentes de tipo flujo. Pues como hemos visto anteriormente, el volumen de aire o de agua en movimiento (viento y marea, respectivamente), a pesar de ser variable, es de una magnitud de tal calibre que hace insignificante el cálculo real de su densidad energética. A pesar de esto, en las fuentes flujo se utiliza el concepto teórico de densidad energética y su aplicación a la práctica con la ligera modificación de la base del ratio. Se sustituyen las unidades de masa o volumen, por superficie (m²) lo cual tiene bastante más sentido; superficie de exposición al sol, en el caso de la fotovoltaica (Universidad de Jaén, 2022) y superficie de barrido de una turbina, en el caso de energía eólica. (IDEAM, 2019).

La densidad energética, es por lo tanto una diferencia substancial entre ambos tipos de energía. Así como la razón por la que, de cara a la obtención de energía de tipo flujo, es necesaria una infraestructura de proporciones extensivas mayores que las de las centrales de transformación de fuentes combustibles,

para captar un mayor volumen. Esto se traduce en un coste de captación, más elevado.

Según los cálculos formales, recogidos por la Universidad de Calgary, los flujos primarios solo representan una pequeña porción del total de energía primaria transformada, a pesar de ello, y debido a que el 100% energía de flujo recogida con éxito se transforma a electricidad (no generan pérdidas por calor residual, a diferencia de los combustibles), estos flujos suponen alrededor del 19,8% de la generación de electricidad en el mundo, situándose los flujos hidráulicos a la cabeza, de acuerdo a los investigadores de Calgary.

Han quedado analizadas las fuentes de energía y se ha presentado una clasificación no tan común de las mismas, dando por analizado el concepto de Energía Primaria. A continuación, se muestra el mix de energía primaria consumido en España.

Consumo energético en España por fuente primaria (2021; EJ)

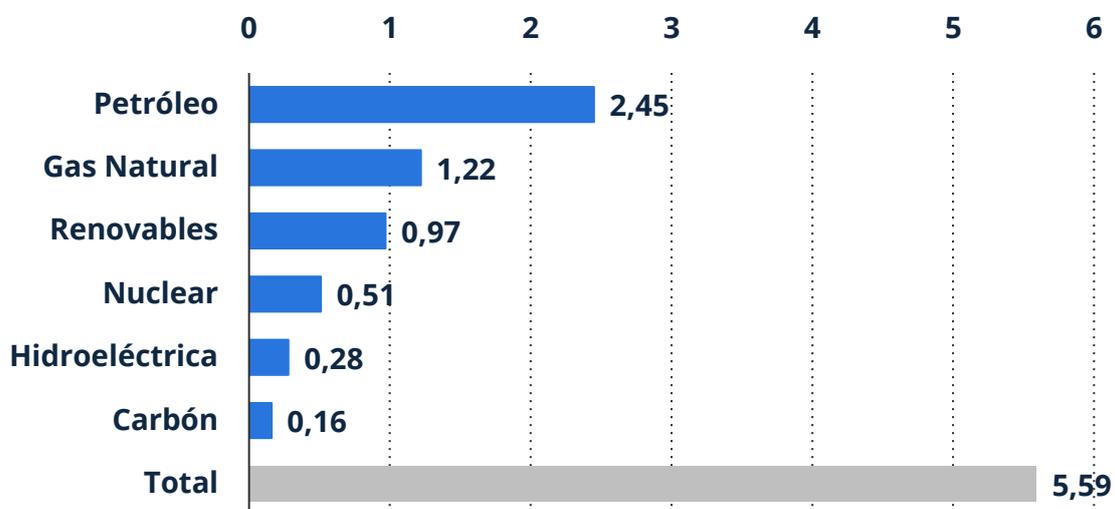


Fig. 3. Elaboración propia. Fuente: Statista

En la sección siguiente, de análisis del flujo energético de España, podemos encontrar estas cifras en Kilo Toneladas Equivalentes de Pétroleo, así como la representación relativa de cada fuente.

En la tabla de la derecha se muestran las fuentes de energía renovables desgranadas su tecnología y su consumo en Ktep, así como la variación en el aporte al suministro total de energía primaria entre los años 2020 y 2021.

Tecnología	Ktep	Var. 2020-2021
Hidráulica	2547	-2,9%
Eólica	5336	+10%
Solar Fotovoltaica	1885	+39,9%
Solar Térmica	2370	+3,6%
E. Del Mar	1,6	-29,6%
Geotérmica	0,2	0%
Biomasa	5278	+4,5%
Biogases	326	+0,8%
RSU	283	+20%
Biocombustibles	1409	+0,2%

Destaca el crecimiento de la energía Solar Fotovoltaica que creció un 39,9% en el año 2021.

Fig 4. Elaboración propia. Herramienta: ThinkCell Fuente: S.G de Prospectiva, Estrategia y Normativa en Materia de Energía, 2022

También destaca la reducción en energía proveniente del mar, que se clasifica en: energía de las corrientes, energía de las olas (undimotriz) y energía mareomotriz. Esta tecnología frenó su aportación en comparación al año anterior en más de un 29%.

2.1.2. Estructura del flujo energético

A continuación, se analiza la estructura del flujo de energía de una nación cualquiera, como ejemplo y sin valor cuantitativo real. Este flujo supone un esquema fundamental de cara a comprender el proceso desde el abastecimiento de energía de una nación, hasta su consumo final. Más adelante, se tratará de representar el flujo de la energía del sector energético español en concreto, donde quedarán representadas sus peculiaridades.

* * *

Representación “Sankey” del flujo energético de una nación (no cuantitativo):

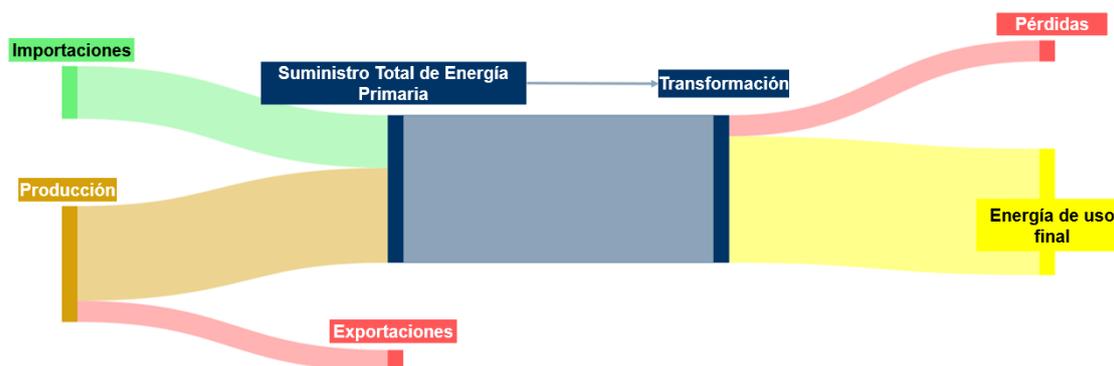


Fig. 5. Elaboración propia. Herramienta: Sankeymatic y M. Powerpoint

Partimos de la base de producción energética de una nación, que tiene un mix de energías primarias diferentes, basado en sus recursos, su propia inversión y estrategia de desarrollo energético. A esta producción nacional bruta hemos de añadir las importaciones o compras de energía a terceros países, y además debemos deducir del total las exportaciones de energía que se consideran excedentes. Las importaciones y exportaciones juegan un papel regulador de cara a cumplir con los objetivos establecidos para la matriz energética eléctrica, es decir el mix de energía final de una nación, como se detalla en la siguiente sección de análisis de importaciones y exportaciones. (Comisión Europea, 2020)

$$\text{Producción} + (\text{Importaciones} - \text{Exportaciones}) = \text{Suministro Total de Energía Primaria}$$

Una vez computado este factor comercial, que determinará si se trata de una nación exportadora o importadora de energía, y por tanto dependiente de terceros, hallamos lo que se conoce como Suministro Total de Energía Primaria (STEP), a partir del cual, se producen sucesivas transformaciones para obtener energía de uso final, que debe ser igual al Consumo Final Total, una vez deducidas las pérdidas de energía dadas en el proceso de transformación y en el transporte de la misma. (Enciclopedia de Energía Energy Education, 2022)

$$[\text{STEP}] \times [1 - \text{Coeficiente de pérdida de transformación y transporte}] = \text{Energía de Uso Final}$$

El Consumo Final Total o la Energía de Uso Final de un país, y el Suministro Total de Energía Primaria no deben confundirse, pues en el proceso de transformación y transporte, existen pérdidas de energía, que variarán según la eficiencia de transformación del país en cuestión o incluso de su mix o matriz energética, pues estas pérdidas varían en función de la fuente de energía primaria. Las pérdidas mas considerables son, de acuerdo al profesor de la Universidad Pontificia de Comillas Pedro Linares, aquellas presentes en en centrales de transformación de combustibles a electricidad. El profesor apuntaba en 2010 que un 29,1% de la energía primaria suministrada constituía entonces esas pérdidas.

Además, es interesante destacar lo que el profesor mencionaba en el blog de energía del diario El País, donde explicaba en 2012 cómo este cálculo de pérdidas solo se realiza “hasta el enchufe o el surtidor de gasolina” y asegura estar trabajando para poder seguir los flujos, “no hasta la energía final, sino hasta el servicio energético, el servicio facilitado por la energía.” Linares, P. (2012).

Por último, y volviendo a la descripción del diagrama, es importante destacar que en el cálculo del Consumo Final Total se excluyen los usos no energéticos, como por ejemplo el uso de gas y petróleo para la fabricación de químicos y plásticos. La unidad de medida de esta magnitud es la Tonelada Equivalente de Petróleo (TEP). (Repsol, S.f)

Del entendimiento de este diagrama Sankey, depende la correcta elaboración de un gráfico que represente el llamado mix energético español, pues un error frecuente en diversos medios de comunicación españoles es no diferenciar entre Suministro Total de Energía Primaria y Consumo Final Total o Energía de Uso Final, es decir aquella que ya ha sido transformada, -más la parte del suministro total de energía primaria que se consume directamente sin necesidad de transformación, e.g. el gas natural que es quemado en nuestras calderas para obtener ACS (Agua caliente sanitaria)-, no diferenciando tampoco entre el mix energético de energía primaria y el mix energético de energía final (ya transformada). (Prof. Francisco de Asís Cabello, 2022)

Este último término, es en realidad al que suelen hacer referencia los medios de comunicación, de acuerdo al profesor Francisco de Asís Cabello Galisteo, que al igual que el autor de este TFG considera que al término mix energético, “le falta generalmente el apellido” y esto da lugar a confusión, en aquellos que tratan de profundizar en el entendimiento de la composición de la matriz energética española. (BBVA, 2022).

2.2 Sector Energético Español

En la sección presente la investigación se centra en dotar al lector de una visión general del sector de la energía en España. Se analizará por tanto el flujo español de energía y el balance comercial de España a nivel energético. Posteriormente, el se pondrá especial foco en el sector O&G español y su cadena de valor, para concluir con un repaso de las transformaciones y evolución histórica del sector O&G.

2.2.1. Flujo de la energía de España

A continuación, se muestra un diagrama que representa gráficamente la estructura del flujo energético de España.

Representación del flujo energético de España (Ktep; 2021):

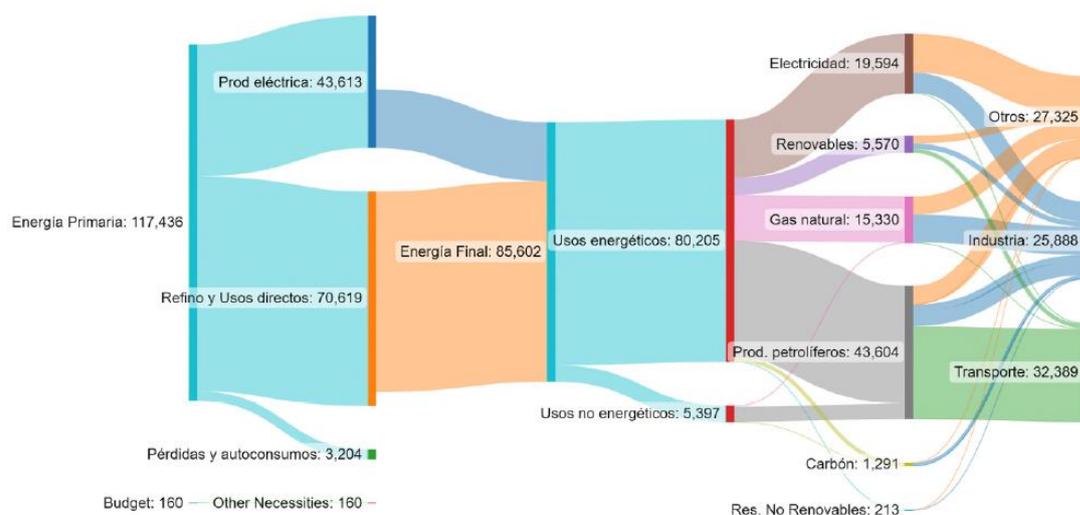


Fig. 6. Elaboración propia. Herramienta: Sankeymatic (S.G de Prospectiva, Estrategia y Normativa en Materia de Energía, 2023)

Los datos disponibles para este diagrama pertenecen al año 2021. España presentó un consumo de energía primaria de 117.426 ktep. Esta energía se distribuye en el proceso de transformación, que involucra a los sistemas de refino y de producción de electricidad, hasta alcanzar un consumo de energía final de 85.602 Ktep, a partir de los cuales 80.205 corresponden a usos energéticos y 5.397 a usos no energéticos.

Cabe mencionar que según la Agencia Internacional de la Energía (AIE), el 16,6% del petróleo disponible a nivel global se dedicó a estos usos no energéticos en 2016, suponiendo un aumento de 5 p.p respecto a 1973. Se prevé que este crecimiento se mantenga gracias a diversas aplicaciones del sector petroquímico, como la fabricación de asfaltos y lubricantes.

En la fase final del flujo puede apreciarse la desagregación del consumo de energía final por producto energético y finalmente por sector. Cabe destacar que el consumo energético del sector transporte, que constituye más de 1/3 del consumo de energía final, provenía en 2021, prácticamente en su totalidad, de productos petrolíferos. El sector «Otros» está compuesto por residencial, servicios, agricultura y pesca. De cara a facilitar la lectura del mix energético español (expuesto con anterioridad), se muestran a continuación los pesos relativos por cada tecnología o fuente energética.

Desglose de consumo de energía primaria en España por fuente (%; 2021)

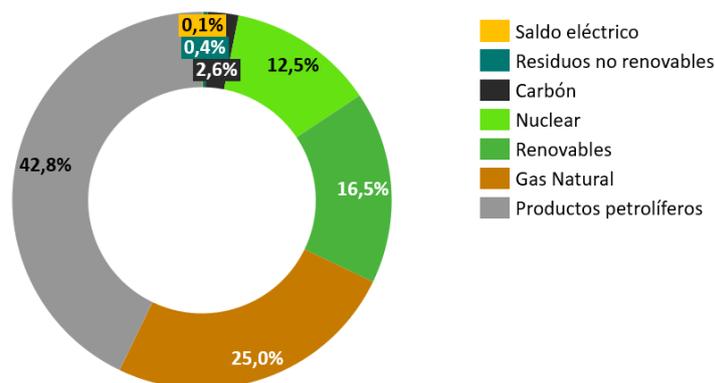


Fig. 7. Elaboración propia. Herramienta: PowerPoint
MITERD - S.G de Prospectiva, Estrategia y Normativa en Materia de Energía, 2023

En concordancia con los objetivos europeos de penetración de las energías renovables y eficiencia energética, fijados para 2021 en la Directiva de Renovables, 27 dic 2021, España debía alcanzar el 20% de consumo final procedente de fuentes renovables, así como el 20% de eficiencia energética en el proceso de transformación.

De acuerdo a la información extraída del MITERD, representada en el anterior gráfico, España no habría llegado en 2021 a este objetivo. Sin embargo, se encuentra disponible en la web del mismo ministerio una nota de prensa de diciembre de 2021, que establece que si se ha llegado a ese 20% de consumo procedente de fuentes de energía renovables. Con el fin de confirmar alguna de estas fuentes se han consultado las estadísticas recogidas por Statista, y confirman los números de la fuente primera, que no llegan al objetivo. Por el lado de la eficiencia energética, el Ministerio para la Transición Ecológica anuncia que el sistema español supera con creces los objetivos marcados por la UE, situándose en un índice de eficiencia del 34,7% en 2021. (MITECO, 2021)

Una vez más se han encontrado incoherencias en el cálculo de este índice de eficiencia, pues si se utilizan los datos aportados por la S.G de Prospectiva, Estrategia y Normativa en Materia de Energía en 2021, el porcentaje de eficiencia del sistema energético español es del 27,2%.

Consumo de energía primaria = 117.426 ktep

Energía final total = 85.602 Ktep

$$85.600 \text{ Ktep} / 117.426 \text{ Ktep} = 72,8\%$$

$$100\% - 72,8\% = 27,2\%$$

Respecto al mix energético de producción de energía final eléctrica en España, los datos son los siguientes:

Distribución del mix energético de generación eléctrica por fuente (Producción neta)

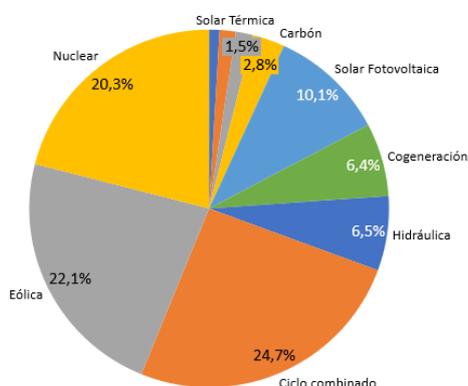


Fig. 8. Elaboración propia. Herramienta: ThinkCell
Red Eléctrica de España - Estructura de generación, 2021

Como se aprecia en el gráfico, la suma de Eólica, Fotovoltaica, Hidráulica y Solar Térmica ya supone entorno al 40% de la producción final neta de energía eléctrica.

Una vez caracterizado el mix energético tanto del consumo de energía primaria como del mix de generación eléctrica, es interesante comprender la estructura del consumo final total y su matriz energética:

Matriz energética del consumo final total en España por fuente (%; 2021)

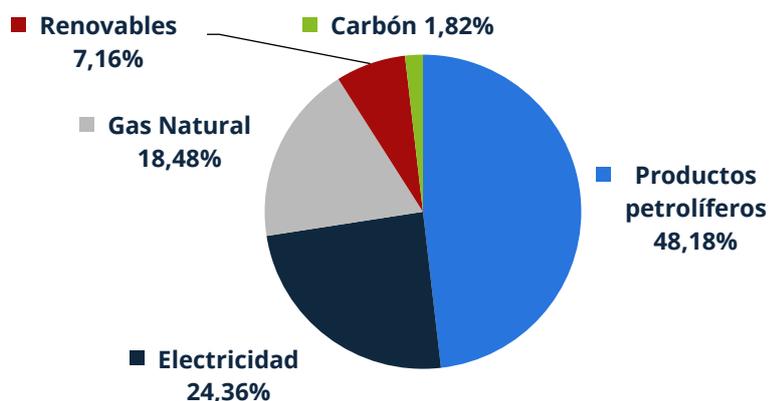


Fig. 9. Elaboración propia. Herramienta: PowerPoint
Statista - Informe: Sector energético español, 2021

Esta última matriz nos muestra por tanto que la matriz de la demanda energética en España, sigue siendo altamente dependiente de los productos petrolíferos principalmente por el transporte y la industria, como se puede apreciar en la Figura 6, del flujo energético nacional.

Una vez caracterizada la demanda de energía en España y su tipología, cabe lanzar una pregunta que quizá podamos responder más adelante en el transcurso de esta investigación: ¿Tiene sentido seguir aumentando la inversión en generación de electricidad procedente de fuentes renovables? Esto indicaría que si la matriz de demanda de consumo final no cambia, el máximo de energía final de origen renovable sería de entorno al 30%. Pues el otro 70% de la demanda está compuesto en la actualidad por Gas Natural y Petróleo.

2.2.2. Análisis de la balanza comercial de energía en España

España y su sector energético han estado fuertemente caracterizados por su altísima dependencia energética de los combustibles fósiles, registrándose el máximo nivel de dependencia energética en el año 2008, alcanzando un 81,3%.

(Appa renovables, 2021)

La dependencia energética es el cociente de la producción nacional de energía dividida por el suministro total de energía primaria del país. (Primagas, 2023)

Dicho en otras palabras, es la cantidad de energía que un país necesita importar para poder abastecerse y cubrir la demanda final de energía.

En la siguiente gráfica se puede observar como España ha logrado reducir su dependencia energética hasta 2021, situándose en un 69%, lo que sigue siendo una cifra de alta dependencia energética.

Ratio de dependencia energética (%; 2009-2021)

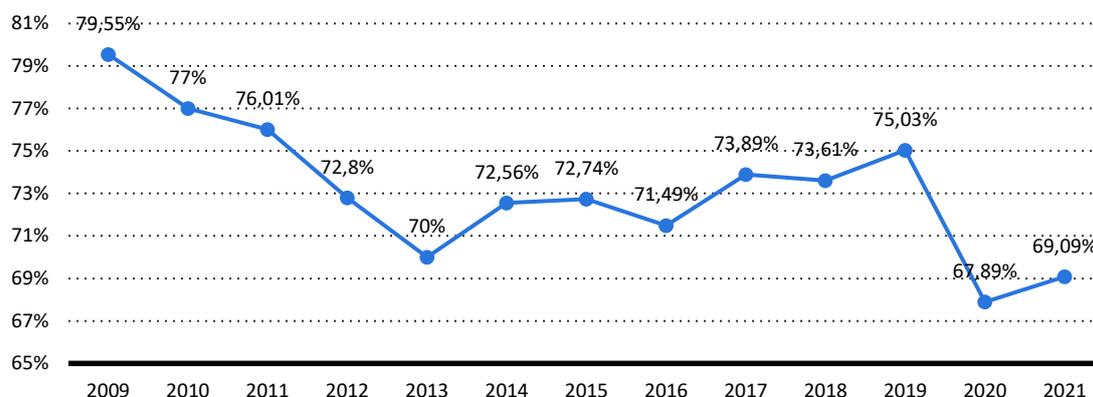


Fig. 10. Elaboración propia. Herramienta: PowerPoint Statista - Informe: Sector energético español, 2021

Esta reducción en la cantidad importada de energía, no solo se debe a las mejoras en eficiencia del sistema energético español, sino principalmente a la creciente diversificación energética caracterizada por la penetración de las renovables. Esto ha impactado sobre todo en el mix de generación de energía eléctrica, como puede observarse en el siguiente gráfico:

Electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables (%; 2008-2022)

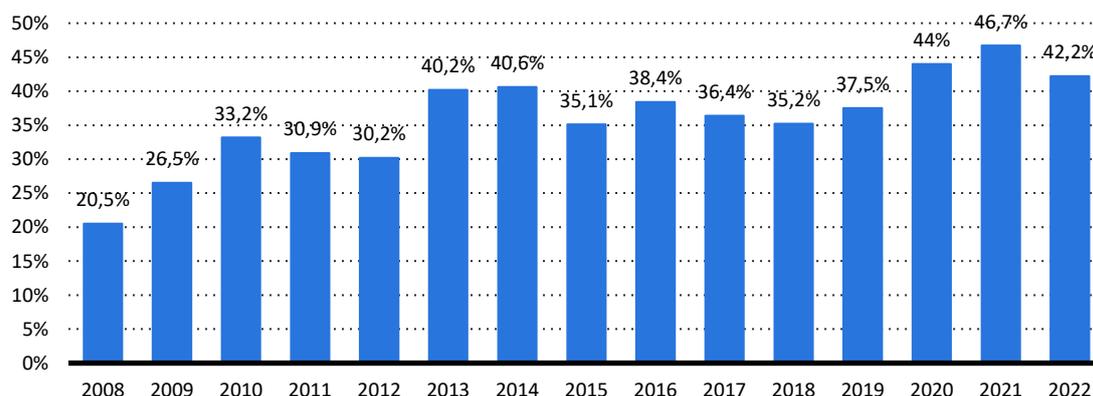


Fig. 11. Elaboración propia. Herramienta: PowerPoint Statista - Informe: Sector energético español, 2022

El potencial de producción autóctona asociado a las energías renovables está mostrando un impacto positivo en la capacidad de autoabastecimiento. El 42%

de la energía eléctrica de consumo final ya se transforma a raíz de fuentes renovables.

En la Figura 10. También se observa una reducción drástica de la dependencia energética, sin embargo esto se debe exclusivamente a la radical reducción en el consumo de productos petrolíferos durante el confinamiento por el COVID. Estos productos petrolíferos suponen precisamente la fuente energética de la que España es más dependiente.

De acuerdo al físico y periodista, Enrique Pérez, las reservas de petróleo de España son de carácter testimonial, y están limitadas a unos cuantos yacimientos pequeños que cubren menos del 1% del consumo final nacional.

Volumen de crudo producido en España por pozo (T métricas; 2021)

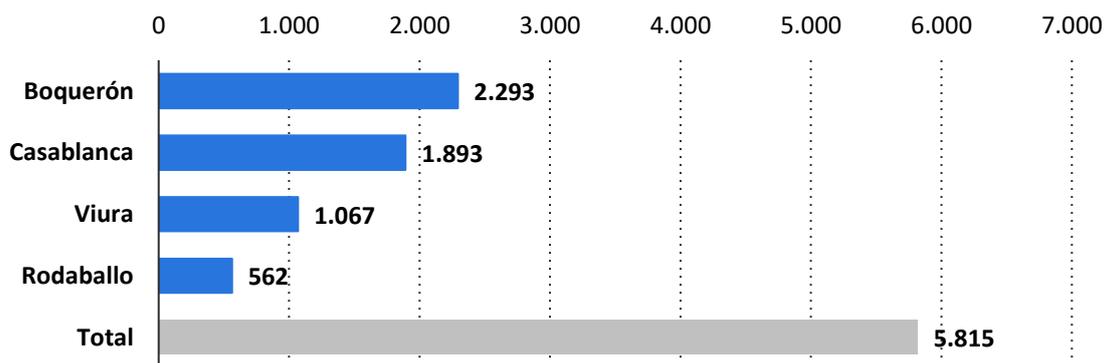


Fig. 12. Elaboración propia. Herramienta: PowerPoint Statista - Informe: Sector energético español, 2021

47,33M T métricas, es la cifra de petróleo consumida en España en el año 2021 de acuerdo al informe sectorial de Statista. Las 5.815 T Métricas producidas en España, suponen por tanto un 0,012% del consumo final.

Además, con la nueva **Ley de Cambio Climático y Transición Energética**, quedan prohibidas las nuevas actividades de investigación y exploración de hidrocarburos. Y aunque los yacimientos operativos mantendrán sus licencias, la petrolera Repsol, ha admitido que con la nueva ley, estos proyectos en ningún caso serán ampliados. “Ni en inversión, ni en producción.” (La Información, 2022)

"Son pozos maduros, que están en un proceso de producción menguante" relatan fuentes de la petrolera Repsol, que explota Casablanca.

En contraste, la media de la Unión Europea en cuanto a dependencia del petróleo se encuentra alrededor del 75%, y en cuanto a las importaciones de gas, entorno al 50%. Mostrando niveles de dependencia bastante menores que España. Es precisamente esta alta dependencia de los hidrocarburos (y el peso que estos tienen sobre el total del suministro energético primario) la que hizo que la dependencia energética total de España en 2020, cayese al 68%. Sin embargo, en lo relativo a dependencia energética, todavía no se han recuperado los niveles pre-pandemia, a pesar de si haberse recuperado la actividad del sector del transporte... esto parece deberse exclusivamente a un aumento considerable en las exportaciones de energía, más concretamente en forma de electricidad.

Estos intercambios de energía de uso final en forma de electricidad, se producen a través de las llamadas interconexiones, que cuentan con una capacidad determinada.

De acuerdo a un informe de la CE, las interconexiones energéticas pueden desempeñar un papel importante en la transición hacia un sistema energético más sostenible, permitiendo a los países compartir recursos renovables y reducir la necesidad de combustibles fósiles. (Comisión Europea, 2020)

Este trading de energía no solo afecta a la composición y control del mix energético, sino que de acuerdo a la AIE también aporta seguridad de suministro, mediante la reducción del riesgo de desabastecimiento, y sobre todo a equilibrar la oferta y demanda de energía, lo que tiene un impacto directo en el precio de la energía. (Agencia Internacional de la Energía, 2022)

Joaquín Giráldez, experto de INGEBAU, consultora especializada en el mercado eléctrico, explica cómo funcionan las interconexiones: "cuando una nación exporta sube su precio y cuando importa, baja. Cuando existen dos países con distinto precio, la totalidad de la energía fluye desde la nación con menor precio hacia la de mayor precio".

Según el profesor Joaquín Giráldez, de la Universidad de Sevilla, "el excedente eléctrico que España exporta a otros países europeos se produce gracias a las subvenciones otorgadas a las energías renovables en España, lo que ha llevado a una sobreproducción que no puede ser consumida a nivel nacional". (García, 2021).

Como se observa en la siguiente imagen, extraída de una noticia del diario Público, la exportación de electricidad a través de estas interconexiones se disparó en 2022, en plena crisis energética, lo que también pudo haber contribuido al incremento de los precios aquí en España.

Intercambios fronterizos de electricidad (Millones de Mw/h; 2012-2022)

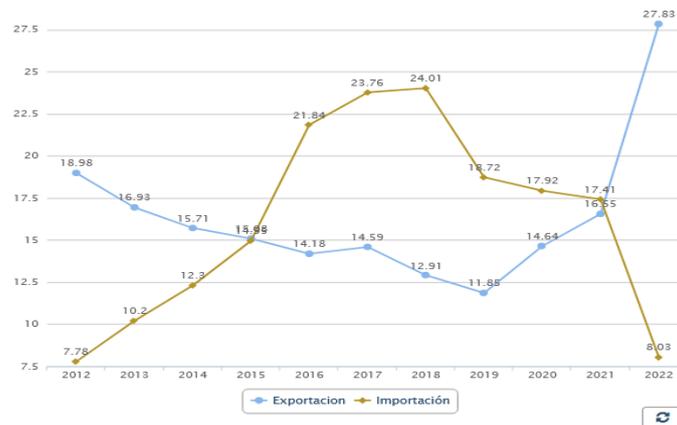


Fig. 13. Imagen extraída de Red Eléctrica de España

Saldos de intercambio de electricidad por cada frontera (GW/h; 2023)

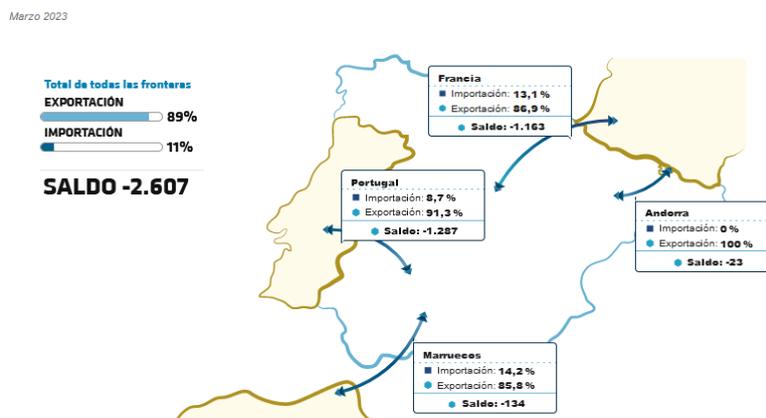


Fig. 14. Imagen extraída de Red Eléctrica de España

2.3. Caracterización del sector O&G en España

El sector de hidrocarburos, comúnmente llamado sector “oil & gas”, en España comprende las tareas de refinamiento del petróleo crudo así como al procesamiento o regasificación del gas natural, ya que los volúmenes de exploración y extracción son poco relevantes. Este sector comprende además las actividades de comercialización y distribución de ambos productos, derivados del petróleo y gas natural. En este capítulo, se tratará de profundizar exclusivamente en la parte del petróleo y sus derivados, y a partir de aquí centraremos la investigación en el futuro de este sector en concreto.

En 2023 España se encuentra en el puesto número 83 en el ranking de países productores de petróleo, sin embargo, se encuentra en el 17 puesto en el ranking de naciones consumidoras de petróleo. Cómo se ha constatado en el anterior capítulo, España es un país importador de crudo. A nivel de estructura, España cuenta con 9 refinerías en la actualidad inscritas en la Asociación Española de Operadores de Productos Petrolíferos. (AOP, 2023)

Prácticamente la totalidad de estas refinerías se encuentran ubicadas en la línea de costa, con el fin de facilitar el aprovisionamiento de crudo a través de la vía marítima, excepto la de Puertollano situada en el interior, y conectada con la de Cartagena (Escombreras, Repsol) a través de un oleoducto. (Universidad de Jaén, s.f)



Fig. 15. Imagen extraída de la web oficial de AOP

El petróleo y el gas suponen el fundamento del sistema energético, pues la energía queda acumulada en el propio recurso natural hasta el momento de su combustión, de ahí su nombre “combustibles fósiles”. Este es el elemento clave y que lo diferencia de las fuentes renovables, que han de ser consumidas en el momento de su generación. Como se ha constatado en la anterior sección, cabe recordar que el petróleo y sus derivados suponen un 42,8% del suministro de energía primaria total, y un 48,1% de la energía de consumo final, respectivamente.

Principales actores del sector en España

Entre los principales actores del sector español del petróleo, Cepsa y Repsol ocupan posiciones destacadas. Seguidos por British Petroleum y Asfaltos Españoles S.A, en cuanto a capacidad productiva.

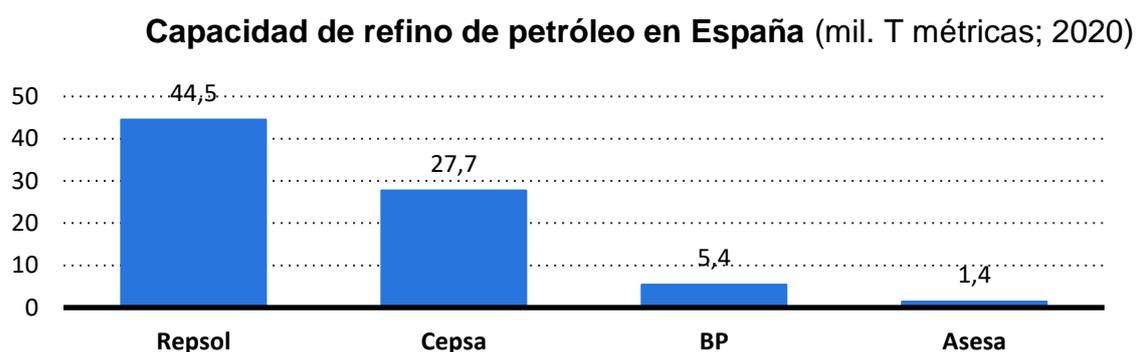


Fig. 16. Elaboración propia. Herramienta: PowerPoint
Statista - Informe: Sector energético español, 2021

Repsol, empresa energética integrada, se dedica a la exploración y producción “aguas arriba”, al refinado “aguas abajo” -conceptos presentados en la próxima sección -, y a la comercialización de productos químicos derivados del petróleo (Repsol, 2023). Cepsa, filial de Mubadala Investment Company, opera en los segmentos upstream y downstream de la industria. Participa en actividades de exploración y producción, así como en el refinado y la comercialización de productos petrolíferos y petroquímicos (Cepsa, 2023).

Repsol ha mantenido tradicionalmente una cuota de mercado dominante en el sector español del petróleo. Según Frost & Sullivan (2020), Repsol representaba

aproximadamente el 30% de la cuota de mercado nacional de refino en España en 2020.

Cepsa, siendo otro actor significativo, también tiene una cuota de mercado notable en el sector, de un 18%, aunque las cifras concretas pueden variar dependiendo del segmento específico o categoría de producto, al tener mayor presencia otros sectores como el petroquímico (CLH, 2020).

BP por su parte ocupa un 10% del mercado, situándose en tercer puesto por cuota de mercado en el sector hidrocarburos.

2.3.1. Impacto del sector O&G en la economía española

El sector O&G está altamente relacionado con la economía, y los ciclos económicos causan un fuerte impacto para los precios del petróleo y el gas (y viceversa). El economista J.D Hamilton analiza en 1983 la relación entre los shocks en el precio del crudo y las recesiones ocurridas en el periodo de 1949-1972. Mediante una metodología de vectores auto regresivos (VAR) de seis variables, con los estudios de Sims como base (1980), concluye que todas las recesiones importantes -a excepción de una-, fueron previamente acompañadas de incrementos en el precio del crudo.

Las principales variables estudiadas mediante la metodología VAR son:

- Índice de spot-price del mercado de materias primas
- Deflactor del PIB
- PIB real
- Tipos de interés de la reserva federal de EEUU
- Componentes del dinero de vencimiento cero (MZM)
- *Excess bond premium*

VARIABLES TÍPICAS DEL ANÁLISIS MACROECONÓMICO, DEL ANÁLISIS DE LA POLÍTICA MONETARIA Y DE MEDIDA DEL COSTE DE BONOS PARA EMPRESAS (EXCLUYENDO BANCOS).

(Prof. James S. Fackler, 2018)

Posteriormente K.A Mork (1990), continua la investigación de Hamilton y observa una correlación negativa entre incrementos de precio en el petróleo y el PIB del país. Hamilton profundiza en el año 2000 su modelo anterior sugiriendo que las subidas en el precio del petróleo no solo impactan el PIB de manera directa, sino que generan un impacto negativo en las cifras de empleo y en los salarios reales (al afectar indirectamente a la inflación del país).

(Alexander Carvajal y Fernando Martín-Mayoral)

"Los aumentos repentinos en los precios del petróleo pueden conducir a una desaceleración económica, mientras que las caídas en los precios pueden estimular el crecimiento. La volatilidad de los precios del petróleo puede generar ciclos económicos y afectar los mercados financieros en todo el mundo" - Ben Bernanke, ex presidente de la Reserva Federal de Estados Unidos.

Esta correlación debe ser tenida en cuenta al analizar el impacto económico del sector ya que, fundamentalmente se debe a la interrelación con otros sectores importantes de la economía.

De acuerdo al informe sectorial de la Industria Química y del refino en España, elaborado en 2019 por la AOP y la Federación Empresarial de la Industria Química, el Valor Añadido Bruto directo de la química y el refino superó en 2019 los 22.000 millones de euros. *El término aportación directa se refiere a la suma de la remuneración de los asalariados, el excedente bruto de explotación y los impuestos de explotación.*

Cabe destacar que, de acuerdo al informe sectorial 2018 de la firma de consultoría PWC, la contribución tributaria total del sector fue de 19.036 millones de euros lo que equivaldría a un 10% de la recaudación total de la AEAT durante el ejercicio citado. El cálculo del Valor Añadido Bruto Directo, Indirecto e Inducido supone una magnitud de 75.000 millones de euros, que genera un 6,5% del PIB español, constituyéndose como segundo sector industrial de mayor tamaño en España por contribución al PIB.

Además, el sector energético en su conjunto es uno de los principales demandantes de trabajo y de acuerdo a la Cátedra de Sostenibilidad Energética del IEB-Universitat de Barcelona, se estima un aumento neto del empleo de entre 253.000 y 348.000 puestos al año durante el período 2021-2030. Gran parte de esa generación de empleo se debe al sector O&G en particular.

2.3.2. Tendencias y transformaciones históricas en el sector O&G

El petróleo es un bien conocido desde la antigüedad. Si bien, sus usos y aplicaciones se han perfeccionado hasta día de hoy. Los informes más antiguos sobre la utilización del crudo se remontan al año 3000 A.C. Según la Biblia, Noé utilizó betún para impermeabilizar su arca; también se conoce el comercio de asfaltos, naftas y betunes que se desarrollaba en los pueblos de Mesopotamia. Los fenicios también comerciaban con el petróleo que encontraban a orillas del Mar Caspio. Distintos tipos de óleos y aceites se empleaban ya antes del nacimiento de Cristo para la elaboración de ungüentos, empleados en el embalsamamiento de cadáveres y como cura para quemaduras o contusiones. (Enciclopedia, Junta de CyL)

En el año 1859, Edwin Drake perfora en Pensilvania el primer pozo moderno de petróleo. Su hallazgo, estimuló la actividad de perforación de pozos a lo largo del país, naciendo así la fuente de energía sustituta del carbón. El “rock oil” como se llamaba entonces, era empleado como sustituto del aceite de ballena para la iluminación.

El primer gran cambio de paradigma tuvo lugar con la aparición de los motores de combustión y de explosión. Repercutiendo positivamente en el transporte, así como en la industria. Además, comenzó a desarrollarse la industria petroquímica, mediante el aprovechamiento de los hidrocarburos presentes en el crudo. Aparecieron por tanto nuevos productos en el mercado como plásticos y compuestos de aplicación farmacéutica.

(Enciclopedia, Junta de CyL)

Las primeras actividades petroleras en España comienzan a desarrollarse en España en la década de 1860, aunque no sería hasta el nuevo siglo cuando

España comenzaría a desarrollar su industria petrolera. El estado español llegó a fundar un monopolio sobre el petróleo, que arrancó su funcionamiento en el año 1920, con la empresa CAMPSA como principal actor.

La primera refinería de la península se construyó en la década de 1940 en Escombreras, a unos 10 kilómetros de Cartagena. Se constituye la sociedad REPESA (Refinería de Petróleos de Escombreras), cuyas instalaciones se inauguran en el año 1951. Desde entonces y hasta el año 1970, tuvo lugar un rápido desarrollo del sector, con la construcción de una red de oleoductos que conectaban las ciudades españolas con las plataformas de refinado construidas a lo largo de toda la costa española. También se impulsó la construcción de plantas de regasificación de gas natural licuado. (Repsol,2023)

Este auge del petróleo duraría hasta el año 1973, cuando la OPEP detuvo la producción de crudo y estableció embargos en los envíos de petróleo. El precio del petróleo comenzó a escalar un 9% anual durante varios años. Esto desembocó en el primer Plan Energético Nacional, de 1975, que impulsaba el desarrollo del carbón y la energía nuclear como parte de una estrategia de diversificación que redujo el peso del petróleo en la economía española, pasando de suponer un 67% del suministro de energía primaria, a un 57% en 1985. (CaixaBank Research)

Más adelante, con la incorporación de España en la Unión Europea, España se vio obligada a adoptar la Ley que prohibía los monopolios comerciales y por lo tanto el sector comenzó un proceso de paulatina liberalización del sector, promoviendo la competitividad. En el año el 31 de diciembre de 1984 el Estado transfiere la red nacional de transporte de derivados del petróleo a la Compañía Arrendataria del Monopolio de Petróleos S.A (CAMPSA). Mediante esta compra de infraestructura por parte de CAMPSA, la compañía se convierte en una verdadera empresa privada, aunque seguía disfrutando de su condición monopolística.

En el año 1984, se inicia la transición de una industria intervenida de forma estatal hacia otra que cumpliera con los estándares del tratado de adhesión a la CEE. Con la Ley 45/84 de Reordenación del sector petrolero, el Gobierno se

compromete a liberar los distintos sectores de la economía española, incluyendo el de hidrocarburos. (Repsol, 2023)

En el año 1992, quedó extinguida la ley que regulaba la existencia del monopolio petrolífero y CAMPSA se convierte en CLH, Compañía Logística de Hidrocarburos.

Los accionistas mayoritarios de CLH, eran las empresas españolas REPSOL (60%), CEPSA (25%), y las inglesas BP (7%) y SHELL (5%). (Enciclopedia, Junta de CyL)

A día de hoy el sector español es un sector plenamente liberalizado, sin embargo, multitud de expertos critican el trato y la nula prioridad que el Gobierno les da, así como las trabas burocráticas para mantener su actividad. De acuerdo a numerosos estudios, España cuenta con un alto potencial de extracción de recursos, sobre todo respecto a la extracción de gas. Jorge Navarro, Presidente de la asociación de Geólogos y Geofísicos del Petróleo (AGGEP), asegura que el sector ha llegado a su muerte productiva en España, debido a la desidia, lentitud y burocracia del Estado y su administración.

Navarro relata que "se podría haber seguido produciendo en numerosos yacimientos de España" y denuncia el "desinterés de la administración española" con el que se han topado las explotaciones en nuestro país". (Mercedes R. Martín, 2022)

"Todos los procesos administrativos son extremadamente lentos, hasta el punto de que en algunas explotaciones han expirado los seguros contratados antes de que llegaran las autorizaciones". (Jorge Navarro, 2022)

Hasta aquí la historia reciente del sector. En el próximo capítulo se comprenderán las dinámicas y tendencias que rigen el sector energético y la estrategia en materia de energía.

2.3.3. Análisis de la cadena de valor del sector *O&G español*

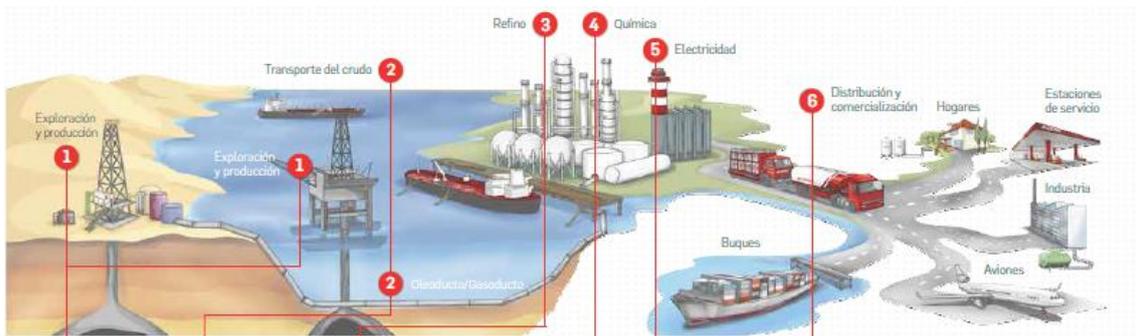


Fig. 17. Imagen extraída del Plan Estratégico CEPSA 2030

Michael E. Porter emplea el término “cadena de valor” en 1985, en su obra titulada “Ventaja Competitiva: Creación y sostenimiento de un desempeño superior”

La cadena de valor o “value-chain” en inglés, sirve como herramienta de análisis estratégico de un mercado o sector de actividad. Del análisis de la misma, y de la relación de la empresa con el resto de eslabones se puede obtener una visión clara de las ventajas competitivas de una empresa, así como de algunos riesgos de operación que puedan surgir.

Esta visión de un negocio concreto, permite una mejor comprensión de los procesos, lo que posibilita una optimización de los mismos.

La cadena de valor esta compuesta por dos tipos de actividades:

- Las **actividades primarias**; aquellas que añaden valor de forma directa al producto o servicio prestado (e.g operaciones, marketing, ventas...)
- Las **actividades secundarias**; aquellas que engloban la gestión necesaria de la empresa, su infraestructura, sus recursos humanos o el desarrollo de sus técnicas y procedimientos.

(Michel E. Porter, 1985)

Cuatro aspectos a considerar a la hora de analizar la cadena de valor de una compañía o negocio son:

- El grado de integración de la misma
- El panorama industrial y su relación con otros sectores
- El panorama de segmento, en lo referido a los factores que pueden afectar al producto y a los clientes
- El panorama geográfico en el que opera la compañía

La cadena de valor del sector Oil & Gas en España, está estructurada de la siguiente manera:

1. **Exploración y producción:** Consiste en la búsqueda, localización y posterior extracción de crudo y gas natural, mediante plantas onshore y offshore (que extraen los hidrocarburos localizados bajo el suelo marítimo).
2. **Transporte:** Este eslabón de la cadena comprende desde la obtención del petróleo/gas hasta su entrega en el destino (en la mayoría de los casos refinerías). Para ello se utilizan tanto buques petroleros/gasistas como gaseoductos.
3. **Refino:** Esta labor también se llama destilación, y se lleva a cabo en las refinerías, que se encargan de convertir el crudo en productos derivados y en materias primas para otras industrias.
4. **Química:** En estas plantas químicas se fabrican derivados que junto con otros materiales sirven como materia prima en diversas industrias. Esta fase constituye la actividad principal del subsector petroquímico. Entre las materias primas producidas se encuentran: el plástico, asfaltos, pinturas, fibras textiles o sintéticas, detergentes bio, entre otros.
5. **Generación eléctrica:** mediante plantas de cogeneración, que comúnmente se utilizan para proveer de corriente al resto de plantas y actividades, aunque el excedente se comercializa. Constituye una parte pequeña del modelo de negocio de las compañías referentes del sector.
6. **Distribución y comercialización:** los distintos derivados del petróleo se distribuyen y comercializan mediante diferentes canales de venta. El principal a día de hoy, son las gasolineras para los combustibles y las entregas en puertos y aeropuertos.

(BCG, 2018; Orkestra)

Finalmente, el cliente puede ser clasificado en dos perfiles claramente diferenciados: consumidores del canal retail y clientes profesionales, para los cuales se emplea la venta directa (b2b), los productos más comunes para estos clientes profesionales son, keroseno, en el caso de la aviación o productos intermedios bajo especificaciones comerciales como asfaltos, lubricantes o parafina... (Orkestra,2018)

La industria petrolera española posee un alto grado de integración vertical, especialmente a partir de la fase de transformación del crudo (refinado), hasta la distribución y venta de sus derivados. Estas actividades están divididas en dos grupos de operación: el negocio **up-stream**, formado por la exploración, extracción y transporte de crudo, y el negocio **down-stream**, que corresponde a las actividades de distribución y venta del producto petrolífero. (Universidad de Navarra, 2018)

En este capítulo cabe mencionar el potencial de crecimiento que ambas firmas esperan para los próximos años en el eslabón petro-químico de la cadena de valor, de acuerdo a datos publicados por Repsol, el sector supondrá el **16% del consumo mundial** en 2050, sin contar con los usos no energéticos. (Repsol, s.f)

2.4. Transformación del sector O&G

2.4.1. La transición energética

El sector energético se encuentra sumido en una profunda transformación. En esta sección de la investigación se tratará de profundizar sobre las causas que han llevado a gobiernos e instituciones supranacionales a fomentar alternativas energéticas que propicien una descarbonización de la energía.

De acuerdo con un informe de Naciones Unidas, un 60% de la huella de carbono generada por los humanos se debe a la quema de combustibles fósiles. Esta huella de carbono supondría una alteración en la composición de gases de la atmósfera, permitiendo así que la incidencia solar aumentase la temperatura global. Este fenómeno es lo que se conoce como calentamiento global, y es la

principal causa y motivación para la transformación del sector. (UN, Climate Change News, 2019)

El sector energético español ha respondido con eficacia ante los objetivos marcados, y se encuentra en proceso de mitigar su huella contaminante:

Gases de efecto invernadero emitidos anualmente por el sector energético (M. Tons of CO₂; 2008-2020)

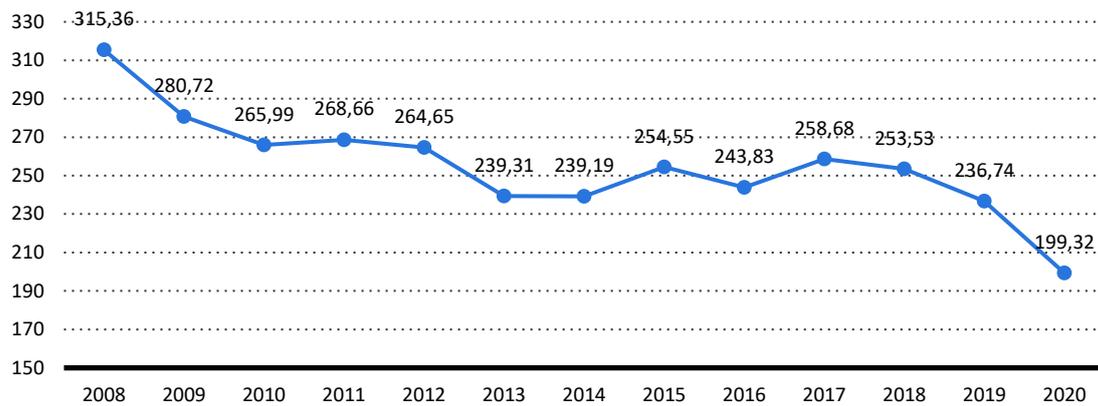


Fig. 18. Elaboración propia. Herramienta: PowerPoint Statista - Informe: Sector energético español, 2021

Cabe mencionar que se han encontrado discrepancias considerables entre expertos a cerca del impacto de la huella de carbono y los GEI, en las fluctuaciones de la temperatura terrestre.

Sin indagar demasiado surgen tesis de expertos en geología, física y otras disciplinas, que se atreven a discutir la teoría imperante.

El Ilustre Colegio Oficial de Geólogos (ICOG) celebraba en 2019 un foro dedicado a estudiar el papel de la geología en la investigación del calentamiento global.

Alejandro Robador, geólogo experto en estratigrafía y reconstrucción paleoclimática del IGME, sostenía en dicho foro que el cambio climático es un proceso natural de la tierra:

“Nuestro planeta ha experimentado episodios hipertermales bien documentados, como el que marca el límite entre el Paleoceno y el Eoceno, que fueron

provocados por causas naturales y se resolvieron también de forma natural”. (Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, 2019)

De hecho, el comité de expertos del foro destacaba el dato de que la tierra se encuentra en la actualidad en uno de los periodos más fríos desde los últimos 65 millones de años, asegurando que la escala temporal del hombre no sirve para comprender la variabilidad climática de nuestro planeta.

Esta misma teoría es soportada por otros académicos y científicos, que han sido señalados como “negacionistas del cambio climático”, a pesar de que lo que niegan parecen ser sus causas. Es el caso de Ian Rutherford Plimer, Profesor de la Universidad de Adelaida y dos veces ganador del premio EUREKA, en 1995 y en 2002, que argumenta que el dióxido de carbono (CO₂) producido por las actividades humanas no es la principal causa del calentamiento global. Según él, el CO₂ es un gas de efecto invernadero relativamente débil en comparación con el vapor de agua, y otros factores naturales que tienen un impacto mucho mayor en el clima. (El Calentamiento Global: La ciencia que falta, 2009)

Así mismo, otro geólogo del ICOG, Eduardo Pérez, argumenta que “la temperatura media del planeta ha aumentado 1º centígrado en los últimos 200 años”, destacando que la temperatura en España podría aumentar 5º centígrados para el año 2100, un fenómeno que iría seguido de una crecida del nivel del mar de 70cm debido a la fusión de los casquetes de los polos, así como de importantes sequías.

Parece por lo tanto, que no existe un consenso tan evidente en cuanto a que proporción de responsabilidad tiene el ser humano en cuanto al calentamiento del planeta. Existe debate, pero este TFG no pretende indagar entre las causas del calentamiento global, sino de comprender las estrategias motivadas, con mayor o menor rigor, por la amenaza que constituye el mismo para las empresas del sector.

Acuerdo de París

A raíz de la cumbre COP21, celebrada en París el 12 de diciembre de 2015, nace el tratado de París, cuyos firmantes se comprometen a tomar medidas con el

objetivo de mantener la escalada de temperatura media 2° C por encima de la temperatura global en la época pre-industrial, como máximo, fijando un límite óptimo de 1,5°C de escalada en las temperaturas para el final de este siglo.

(UN Climate Change News, 2019)

De cara a lograr el objetivo de la cumbre de París respecto a la limitación del calentamiento global a 1,5°, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) deben reducirse un 43% antes de 2030. (UN Climate Change News, 2021)

Para lograr este objetivo el tratado de París requiere de una transformación económica y social, basada según Naciones Unidas en los últimos avances científicos.

Desde el año 2020, las naciones han entregado de forma voluntaria su planes nacionales de actuación contra el cambio climático, también denominados NDCs (nationally determined contributions)

Además, el Tratado de París sugiere a los 193 estados firmantes la entrega los *long term low greenhouse gas emission development strategies* (LT-LEDS) con el fin de construir un marco común para la consecución de los objetivos marcados. Este marco común comprende 3 áreas principales de actuación:

- Área financiera
- Área técnica
- Área de construcción de capacidad

A partir del próximo año 2024, el sistema de transparencia “*enhanced transparency framework*” (ETF) entrará en acción con el objetivo de que los países reporten los avances en la lucha contra el calentamiento global. Estos avances serán a su vez volcados en una base de datos conjunta llamada “*Global Stocktake*”, que analizará los avances globales respecto a los objetivos fijados para el largo plazo.

Además, según Naciones Unidas, la información de esta BBDD se utilizará como input para sugerir “nuevas y más ambiciosas recomendaciones para la próxima fase”.

Escenarios de transición energética

Por otro lado, el sector se enfrenta a una creciente incertidumbre desde el lado de la demanda de energía, que depende de la implantación de avances tecnológicos, cuyo impacto cambiará en mayor o menor medida la composición de la matriz global de consumo de energía. (Instituto de Investigación Tecnológica Comillas, 2022).

Además, desde la firma de este tratado han surgido numerosos escenarios y estrategias que afectan a la planificación de nuevas inversiones, principalmente en infraestructuras (que por lo general poseen una larga vida útil, lo que dificulta la maniobra una vez comenzados los proyectos).

Esto, sumado a la incertidumbre en el lado de la demanda, dificulta en gran parte la planificación y motiva la contemplación de distintos escenarios energéticos, que a continuación se analizarán, para tratar de comprender las implicaciones que tendrán en el sector.

Es relevante destacar que existen diversos informes anuales de revisión de los avances en cuanto a transición energética. Algunos de estos informes (por orden de relevancia y prestigio) son:

- World Energy Outlook, Agencia Internacional de la Energía
- BP Energy Outlook
- New Energy Outlook, Bloomberg
- The Energy Transformation Scenarios, Shell

De todos ellos, se centra el análisis en los escenarios marcados por la IEA, por su influencia en la política energética internacional.

A nivel nacional, los principales informes son los siguientes:

- Plan nacional integrado de energía y clima (PNIEC)
- Estrategia de descarbonización a Largo Plazo para España (ELP)

Tanto el PNIEC como la ELP constituyen las hojas de ruta para la transición energética en España de cara a 2030 y 2050, respectivamente.

Escenarios planteados en el **World Energy Outlook 2022 (WEO)** de la Agencia Internacional de la Energía:

- Stated Policies Scenario (STEPS): se centra no en lo que los gobiernos se comprometen a ejecutar, sino en las políticas concretas ejecutadas para la consecución de los objetivos marcados, y analiza su impacto en el sector.
- Announced Pledges Scenario: tiene en cuenta los compromisos acometidos por los diferentes gobiernos, y analiza la situación del sector, si todos ellos se cumplieran.
- Net Zero Emissions 2050 (NZE2050): establece la hoja de ruta ideal para alcanzar la estabilización de 1,5°C en la tª media global y cumplir con los objetivos clave marcados por Naciones Unidas.

Evolución del suministro total de energía primaria global por escenario
(EJ; 2020-2030)

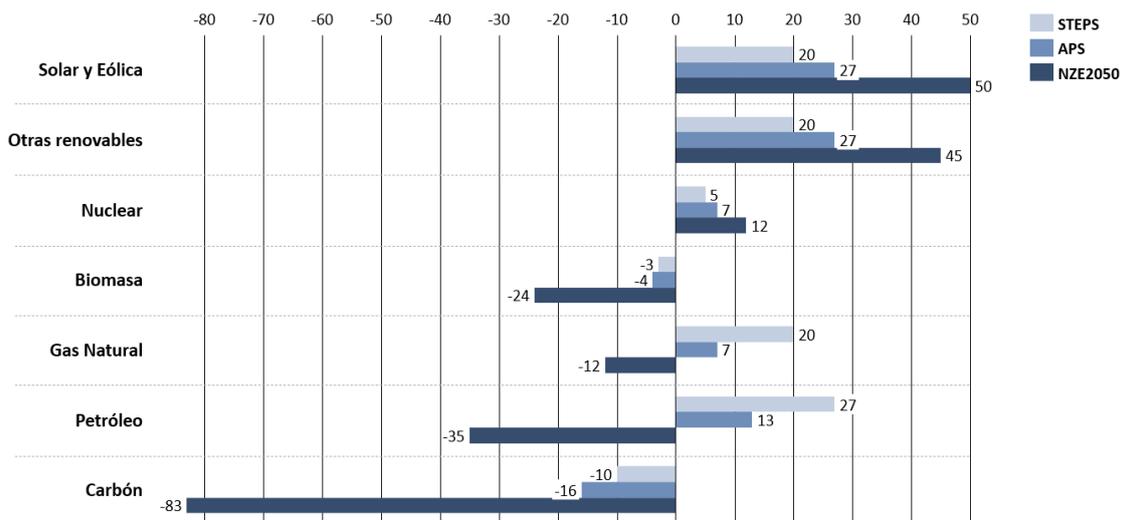


Fig. 19. Elaboración propia. Herramienta: ThinkCell
Universidad Pontificia de Comillas; IEA (WEO) – Análisis de escenarios energéticos para España, 2021

En la gráfica anterior se observa el cambio en Exajulios que se ha estimado entre 2020 y 2030 según cada escenario. Cabe destacar la enorme reducción de los combustibles fósiles que se habría de acometer para lograr llegar a los objetivos del escenario *Net Zero Emissions*, en 2030.

El gráfico también permite ver una diferencia substancial entre escenarios en cuanto a la producción de energías renovables a nivel global. En este punto España, al ser uno de los países punteros en renovables no se enfrentaría a un reto tan grande, como si lo harán otros países con un mix energético primario menos evolucionado.

El escenario *Net Zero Emissions*, no solo contempla la evolución de la producción de energía primaria, también se hace un fuerte hincapié en el “demand-side” del flujo energético.

De hecho, hoy la transición energética está enfocada principalmente desde el lado de la demanda, pues en los últimos años se ha podido avanzar mucho en el lado de la producción de renovables como se ha presentado con anterioridad, sin embargo, es necesario, que toda esa electricidad limpia que se está generando pueda remplazar el uso de combustibles y energías sucias. (IEA, 2022)

Las áreas donde la IEA pone el foco de sus mediciones y propuestas (desde el lado de la demanda) son:

- Construcción y vivienda
- Transporte
- Industria

En cada una de estas categorías la IEA pone su foco en varias tecnologías dominantes, donde la electrificación de ciertos usos y aplicaciones concretas supondría un avance considerable hacia la descarbonización.

(Antonio F. Rodriguez Matas; Pedro Linares Llamas)

En el caso de la vivienda, la electrificación del calor doméstico, actualmente generado por el uso de calderas de gas natural, supone el principal reto.

En el caso de la obra nueva, no solo se propone impulsar mediante subvenciones un mayor grado de eficiencia energética, sino que existen ayudas en toda Europa para la instalación de sistemas HVAC o Heat-Pumps. Esta tecnología promete ser una de las más fuertes tendencias en el sector de la vivienda en los próximos años, en lo relativo a climatización. (IEA, 2023)

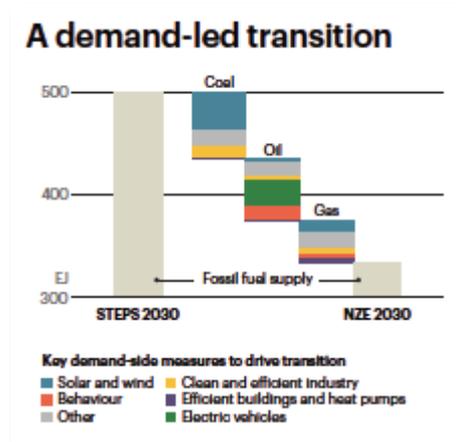


Fig. 20. Imagen extraída del WEO 2022, IEA

De acuerdo a Hannah Ritchie -basada en datos de la IEA-, el sector del transporte es el principal consumidor de combustibles derivados del petróleo, y causante de un 24% de emisiones de CO², de las cuales, el tráfico rodado por carretera constituyen ¾, lo que hace que suponga un 15% del total de emisiones de CO².

En el campo del transporte la electrificación y las tecnologías de hidrógeno también supondrían el pilar principal hacia la descarbonización del sector. En el escenario *Net-Zero Emissions*, cerca de dos tercios de la reducción de emisiones provienen de tecnologías que todavía no están disponibles comercialmente. (Energy Technology Perspectives, 2022)

Cabe mencionar que tanto en el campo del calor doméstico como en el del transporte por carretera, ya existen prohibiciones en cuanto a las tecnologías de consumo final de energía, como es el caso de Reino Unido, que ya ha prohibido la instalación de calderas de gas convencionales en obra nueva a partir de 2025. (Energymonitor, 2022). La misma Agencia Internacional de la Energía ya ha sugerido medidas similares a organismos de la Comisión Europea, que ya estudia medidas como la prohibición a partir de 2035 de arreglar las calderas

que requieran de mantenimiento, y la consecuente obligación de sustituirlas por sistemas heat pump. (European Commission, 2023)

“Existe la necesidad urgente de reducir la dependencia de los combustibles fósiles en los edificios y de acelerar los esfuerzos para descarbonizar y electrificar su consumo de energía”. (Parlamento Europeo, Enmienda de 14 de marzo de 2023 sobre la Directiva de Eficiencia Energética de los Edificios)

También se ha conocido este año la prohibición de vender coches nuevos de gasolina y diésel a partir del año 2035 en la UE, lo que añade presión en los agentes del sector, para encontrar soluciones a los desafíos presentados por el coche eléctrico.

Para concluir esta sección abordamos una cuestión vital para la comprensión del escenario futuro.

En el escenario NZE, la electricidad supone más del 50% del consumo final total de energía (para el año 2050), lo que supera en algunos puntos el peso total de la cuota de los productos petrolíferos en su momento más álgido, que alcanzó en 1973 un 47% de la matriz energética global. (World Energy Outlook, 2022)

Teniendo en cuenta esta fuerte tendencia hacia la electrificación de la demanda energética, y la mayor eficiencia en su uso final... la pregunta que surge es:

¿Por qué la electricidad no supone un mayor peso de la matriz energética de consumo final?

En primer lugar, la mayor eficiencia de la electricidad significa que su porcentaje de energía útil suministrada es superior a su porcentaje de consumo final.

El concepto de energía útil se refiere a la parte de la energía final de la que se dispone tras la conversión final. Por ejemplo, un motor de combustión convierte energía química de la quema y explosión de la gasolina (energía final), en el movimiento del pistón (energía cinética) que a su vez se transfiere al árbol del levas y mediante la transmisión a las ruedas, produce el movimiento del coche (energía útil).

Por otra parte, existen usos finales para los que la electrificación directamente no es factible, o supondría un coste muy elevado, a nivel de desarrollo tecnológico.

En las industrias intensivas en energía, de acuerdo con la IEA, entorno al 50% de la demanda energética corresponde a calor de alto grado (por encima de los 400°) necesario para los procesos productivos, lo que supone un reto en cuanto su posible electrificación.

En lo relativo al sector transporte, los barcos, aviones y camiones pesados representan alrededor del 85% de la demanda de transporte no eléctrico en 2050, y a fecha de hoy, resulta lejano el desarrollo comercial completo de la electrificación de estas tecnologías. Si bien, es cierto que el NZE cuenta con un aumento en la electrificación incluso en este segmento, concretamente en el caso de los camiones pesados. Además, se sigue sin dar respuesta a numerosas cuestiones imprescindibles para que el coche eléctrico sea viable, como el destino del parque móvil que no “duerme” en garaje y por tanto no dispone de cargador, o el diseño de una infraestructura pública de carga de los vehículos, que posibilite desplazamientos de más de 400 kilómetros.

En el sector de los edificios y la vivienda, la electrificación del calor, así como de los sistemas de agua caliente sanitaria, suponen un reto en cuanto al espacio disponible para la instalación e inversión inicial que requieren los nuevos sistemas. Además, la producción de los materiales de la industria de la construcción representa prácticamente 1/3 de la demanda de energía (no-eléctrica) de la industria en 2050.

(World Energy Outlook, 2022)

En definitiva, la transición energética constituye una respuesta común, con el fin de alcanzar los objetivos planteados a raíz de las consecuencias de la emisión de GEI.

Si bien, de cara a realizar esta transformación, es necesario un cash-flow de inversión elevado, y por lo tanto, una elevada liquidez en los balances de las empresas. Este requisito, ha acentuado la necesidad de digitalización como segundo pilar fundamental de la transformación del sector.

2.4.2. Transformación digital: catalizador hacia la transición energética en el sector

La digitalización se ha convertido en tendencia en el sector, hasta tal punto, que ha adquirido nombre propio: el término “**digital oilfield**” se refiere a la tendencia de modernización del sector Oil & Gas mediante la aplicación de nuevas tecnologías digitales. (Cognizant, 2022)

Según el informe de EY sobre la digitalización en la industria petrolífera: “La nueva realidad de la industria del petróleo y el gas requiere cambios radicales en toda la cadena de valor. Los avances en las tecnologías digitales tienen el potencial de permitir que la industria responda eficazmente a los cambios en el mercado”. Si bien, la industria del petróleo no está siendo la más rápida en acometer esta transformación, siendo superada por industrias como la de la automoción o la de materias primas.

De acuerdo al informe sobre la cadena de valor del sector oil & gas, elaborado por la fundación Orkestra–Instituto vasco de la competitividad y en colaboración con la universidad de Deusto y Boston Consulting Group, la digitalización del sector se vió acelerada en los años previos al estallido de la guerra de Ucrania, donde la estanflación de los precios, impulsó al sector hacia una búsqueda de la optimización de sus operaciones para mantener la competitividad en costes. Tradicionalmente, el sector se encontraba apalancado en tecnología de business analytics, monitorización de procesos y operación remota, pero de acuerdo al instituto vasco, los avances no transcendían estas áreas.

Entre los temas destacados en el informe comentado, aparecen los siguientes temas:

- Big Data analytics
- Industrial IoT

- Machine learning and AI
- Mobile solutions
- Virtual reality
- Advanced robotics
- Cybersecurity

De ellos, 3 coinciden con el informe de la consultora Ernst & Young, previamente citado, que destaca la siguientes tecnologías:

- Automatización inteligente
- Decisiones basadas en datos – AI
- Internet Industrial de las Cosas – Industria 4.0

Y añade un elemento nuevo, la cadena de Blockchain en lo relativo a la seguridad cibernética.

- *Blockchain*

El Internet Industrial, uno de los campos de mayor avance en la última década, se refiere a la interconexión de dispositivos digitales incorporados al equipamiento operativo u otro tipo de activos, permitiendo capturar y retransmitir datos en directo. La aplicación práctica de esta tendencia, también conocida como Industria 4.0, es la monitorización remota.

(Informe Orkestra – Instituto Vasco de Competitividad, 2018)

Según Repsol, el impacto del Internet Industrial de las cosas, abarca desde el eslabón de la exploración, mediante modelos predictivos y sensores inteligentes para interpretar la sísmica y garantizar la máxima seguridad en las perforaciones, hasta la *apifificación* del consumo de energía, el fomento de sistemas domóticos y otras estrategias omnicanal, pasando por el uso de IA en la cadena de distribución de manera que se optimiza la cadena logística. (Dossier Transf. Digital de Repsol, 2022)

En el ámbito de la inteligencia artificial y el machine learning, el enfoque es dotar a sistemas informáticos de la capacidad lógica y computacional de ejecutar análisis que normalmente requieren el empleo de inteligencia humana. Ejemplos de éxito en este sentido ya se encuentran implantados, como robots o *prompts* virtuales que interactúan con el cliente/proveedor de cara a canalizar el motivo

de su contacto, ofreciendo en ocasiones una solución, sin necesidad de escalar el ticket a un humano. (Informe Orkestra – Instituto Vasco de Competitividad, 2018)

Entre los **objetivos estratégicos de la digitalización del sector**, se encuentran los siguientes:

- Aumentar la rentabilidad de la producción
- Aumentar la eficiencia de los activos (CAPEX)
- Reducir los costes de la cadena de suministro
- Aumentar la eficiencia de la fuerza de trabajo
- Agilizar la organización

A continuación, se muestra un análisis práctico de relación de los objetivos con casos concretos de implementación para el sector.

Caso de implantación de estrategia de digitalización en O&G

Objetivo Estratégico	Caso de uso	Ejemplo
Incrementar rentabilidad en producción	1 Optimización de la producción en tiempo real	Big data y Machine Learning utilizados para la monitorización live de la producción
Incrementar eficiencia de CAPEX	2 Mantenimiento predictivo	Big data analytics utilizadas para predecir fallos en la bomba de compresión de X sistema
	3 Optimización de flujos	Analytics avanzadas con feedback live GPS de la flota para optimizar rutas
Reducir costes de cadena de suministro	4 Análisis de gastos	Análisis de gastos utilizado para optimizar gastos en dpto. compras
	5 Optimización de operaciones de almacén	Utilización de vehículos autónomos y robótica en almacén, así como trackeo GPS de las entradas SKU
Incrementar eficiencia del capital humano	6 Optimización planificación de personal	Analítica avanzada y utilización de dispositivos móviles para gestionar los turnos de los empleados
	7 Appificación RRHH	Los empleados registran costes o incidencias en el momento, en una aplicación y desde el lugar operativo
	8 Inspecciones automatizadas	Inspección y mapeo de las instalaciones y equipamiento mediante el uso de UAVs
Agilizar la organización	9 Knowledge management y plataformas colaborativas	Transmisión del conocimiento mediante el uso de computación cognitiva y plataforma en la nube

Fig. 21. Elaboración propia. Herramienta: PowerPoint | Fuente: BCG Experience 2019; Dossier Repsol

ANÁLISIS PRÁCTICO

3.1. Repsol: Análisis de estrategia

Repsol, compañía líder en el sector O&G español, se enfrenta a un entorno de cambios abruptos, y ha reflejado su ambición por transformarse en el último Plan Estratégico 2021-2025.

El fin de este plan es que sirva como hoja de ruta, definiendo la estrategia a corto, medio y largo plazo, además de hacer de Repsol, la empresa referente para la descarbonización y la transformación de la industria. Los objetivos principales de su estrategia son la evolución hacia una empresa multienergía con orientación al cliente, una apuesta clara por la digitalización, la innovación y la gestión del estratégica del talento.

Con el fin de guiar al sector energético hacia la descarbonización a través de la innovación tecnológica, basan su estrategia en dos plataformas fundamentales:

- **Repsol Technology Lab:** mediante un modelo de innovación abierta se encarga de tejer alianzas estratégicas que sumen los recursos propios de Repsol con los de una red de partners como centros tecnológicos, universidades y empresas de todo el mundo, con el fin de conseguir un negocio más eficiente y competitivo. En la fecha de presentación del Plan Estratégico que se está analizando, la plataforma contaba con más de 190 alianzas.
- **Repsol Ventures:** es el vehículo que canaliza el 80% de la inversión en iniciativas de transición energética, con un gran foco en movilidad avanzada, bajo carbono, economía circular y tecnología digital para la digitalización de activos y automatización de procesos. En 2021, contaba con una cartera de 21 start-ups, entre ellas: FinBoot Tech, BeGas, Wattio, NanoGap y Ample.

Mediante estas dos plataformas Repsol cubre las crecientes necesidades de innovación, tanto a nivel orgánico como inorgánico, respectivamente.

Algunos de los logros destacados en el campo de la innovación y desarrollo son:

Disrupción de los procesos industriales propios.

- Tecnología de caracterización de crudos, mediante la combinación de espectrometría y Deep Learning, logrando un ahorro del 50% en costes de testing de los crudos y reduciendo el tiempo de respuesta de las pruebas, lo que supone unos 10M€/año.
- Evaluación de >40 tipos de residuos y distintas tecnologías punteras para la producción de biocombustible

Optimización de procesos de diseño (agilidad)

- Diseño de productos con química computacional y ML, mediante modelos predictivos

Reducción de emisiones

- Producción de hidrógeno verde a partir de energía solar (electrolizadores), mediante la colaboración con socio para industrializar planta piloto

Repsol ha faseado su estrategia a largo plazo en tres periodos. La primera de ellas, cubierta en detalle por el plan estratégico evaluado, abarca desde 2021-2025; la segunda, desde 2025-2030; a partir de esta segunda fase, REPSOL considera la fase de largo plazo.



Fig. 22. Elaboración propia. Herramienta: PowerPoint | Fuente: Plan Estratégico Repsol, 2021-2025

Porcentaje de reducción en el ICC (Año base 2016; 2020-2050)

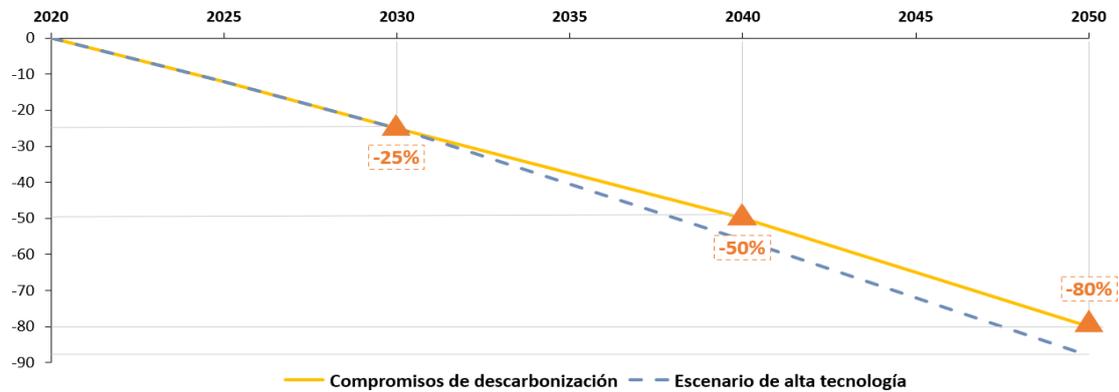


Fig. 23. Elaboración propia. Herramienta: ThinkCell | Fuente: Plan Estratégico Repsol, 2021-2025

ICC= Indicador de Intensidad de Carbono

Para la consecución de los objetivos de Repsol (señalados con un triángulo naranja) se contemplan dos posibles escenarios. El primero relativo al exclusivo cumplimiento de los compromisos de descarbonización y el segundo teniendo en cuenta un desarrollo tecnológico exponencial y más acelerado, que es difícil de calcular a día de hoy.

Estos objetivos, procedentes del PE 2021, fueron actualizados a finales de ese mismo año, incrementando la reducción en el indicador de intensidad de Carbono al 15% en 2025, al 28% en 2030 y al 55% en 2040. (Repsol, 2021)

“La actualización de nuestros objetivos demuestra los sólidos avances que la compañía está alcanzando para ser neutra en carbono en 2050. La ambición, la tecnología y la ejecución de proyectos nos permiten incrementar la velocidad a la que llegaremos a este objetivo” (Josu Jon Imaz, 2021)

Desglose de reducción del Indicador de Intensidad Carbono por vías de descarbonización (%; 2019-2030)

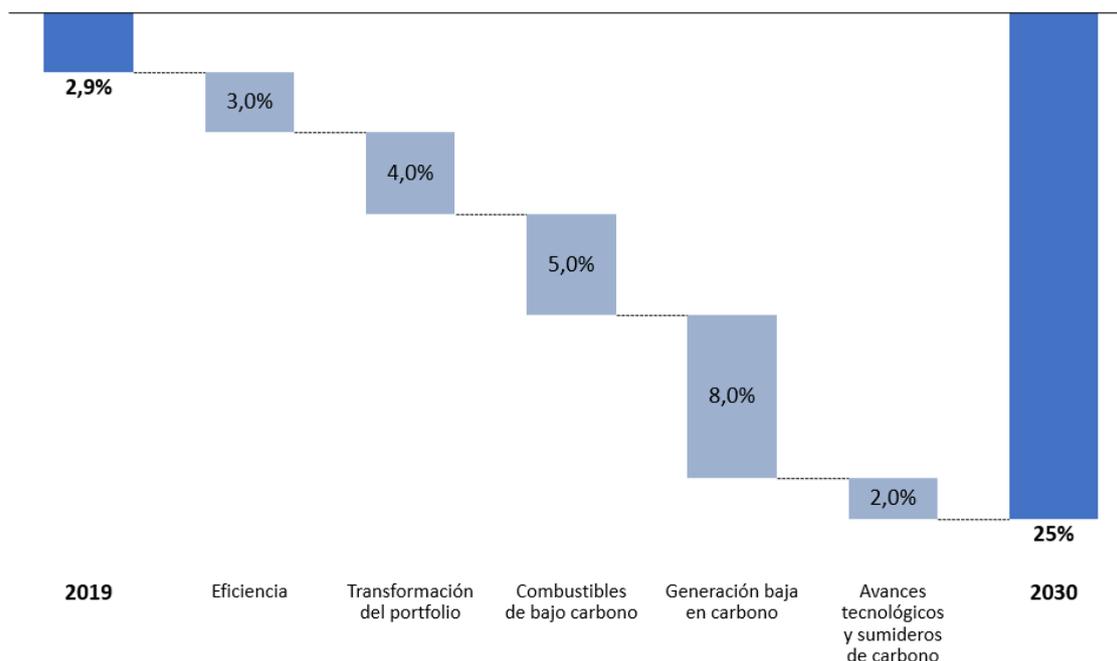


Fig. 24. Elaboración propia. Herramienta: ThinkCell | Fuente: Plan Estratégico Repsol, 2021-2025

En la tabla anterior, se muestra la estimación de reducción en el ICC, segmentado por canales o tecnologías de descarbonización, entre el periodo 2019 y 2030.

Además de la consecución de mayores niveles de eficiencia energética en sus procesos y la implementación de **sumideros de carbono para la reducción de emisiones en el negocio de upstream**, Repsol basa su descarbonización en tres patas principales que son:

1. **La generación baja en carbono**; enfocada en generación renovable que crecerá un 60% hasta 2030 para alcanzar la capacidad instalada de 6GW en 2025 y 20GW en 2030, así como en la producción de hidrógeno libre de emisiones, donde la compañía planea la ruta hacia el liderazgo en Europa, marcándose el objetivo de los 552MW de capacidad de generación equivalente en 2025 y llegar a 1,9GW en 2030 (PE actualizado, 2021). Como se ha mencionado anteriormente, Repsol basa sus objetivos de generación de Hidrógeno verde la tecnología de

fotoelectrocatalisis, desarrollada conjuntamente por Repsol y su socio estratégico Enagás, y que permitirá obtener hidrógeno del agua, mediante la utilización de energía solar.

Repsol, actualmente ya mantiene un 66% de cuota de mercado en hidrógeno renovable en España, posicionándose como líder y manteniendo una ventaja competitiva en cuanto a costes de producción gracias a la reconversión de su infraestructura existente

Coste de operación Repsol vs Operador medio (% , 2019-2020)

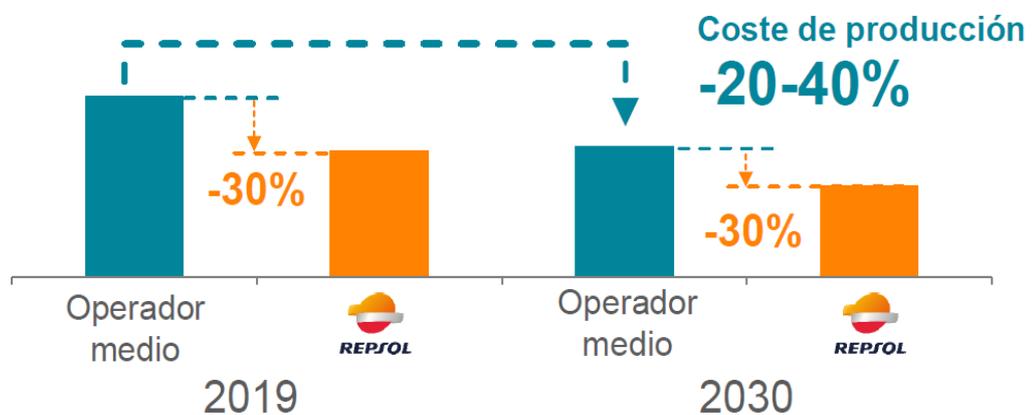


Fig. 25. Elaboración Repsol. Herramienta: ThinkCell | Fuente: Plan Estratégico Repsol, 2021-2025

- 2. La producción y distribución de biocombustibles;** desde el negocio de química de Repsol, se prevén 1500M € de inversión solo en esta área para el periodo 2021-2025. Con la puesta en marcha en los próximos meses de verano de 2023 de la planta de biocombustibles de Cartagena se prevé alcanzar una capacidad de producción de 1,3M de toneladas de combustibles renovables en 2025 y más de 2M en 2030.

Según la International Air Transport Association (IATA) estos biocombustibles, permitirán reducir hasta en un 80% las emisiones de CO2 generadas por el sector de la aviación comercial. (La Verdad, 2023)

3. Desde el área de negocio de “Cliente”, como tercera pata de descarbonización, Repsol mantendrá el foco en la **satisfacción de las necesidades energéticas y de movilidad de sus usuarios**, destinando gran parte de la inversión, en la instalación de más de 1000 puntos de recarga eléctrica para EVs y al cumplimiento del compromiso de disponer de puntos de carga rápida/ultrarápida cada 50 kilómetros en las principales vías de España.

Además, desde este área de negocio, se impulsa el desarrollo de herramientas digitales que permitan una mejor experiencia de cliente, creando comunidad digital, con el objetivo de alcanzar los 8M de clientes digitales antes de 2025.

Para la consecución de este plan estratégico (actualizado), la compañía ha establecido una inversión objetivo de 6.500M €, para el periodo 2021-2025.

(Plan Estratégico Repsol, 2021-2025)

3.1.1 Análisis de estrategia de digitalización

La estrategia de transformación de Repsol, a nivel digital, se basa en la consecución de los siguientes objetivos:

1. Incremento en la seguridad de las operaciones
2. Planificación inteligente E2E
3. Excelencia operacional
4. Desarrollo de activos optimizados a nivel digital
5. Experiencia de cliente omnicanal y basada en datos
6. Innovación en modelos de negocio
7. Implementación de la metodología “Agile”

A fecha de hoy, Repsol cuenta con un equipo “in-house” líder en transformación digital, a diferencia de otras compañías que externalizan el diseño de su estrategia digital mediante consultoras (E.g: Acciona). Este equipo esta formado por 1200 profesionales.

Este equipo se divide en las siguientes áreas: Data Analytics, UX&Design, BlockChain, Omnicanalidad, Agile, Software Robotics, Cloud competence center, Ciberseguridad y Hardware robotics.

A continuación, se evalúa el impacto de este equipo de trabajo y las actividades desarrolladas por el mismo:

Análisis de iniciativas implementadas a raíz de la estrategia digital

De cara a realiza el research práctico de iniciativas ejecutadas por Repsol, se ha segmentado el análisis por cada eslabón de la cadena de valor.

Exploración:

- Implementación de algoritmos predictivos y sensores inteligentes para interpretación de sísmica que ayudan a incrementar la seguridad en las operaciones
- Información global en la nube para incrementar colaboración y mejorar la eficiencia en la transferencia de información y *knowledge management*

Producción:

- Desarrollo e implementación de un software para controlar variables logísticas y optimizar
- Uso de la inteligencia artificial de cara a la gestión de las operaciones

Procesado:

- Utilización de IoT para controlar flota de barcos y camiones y monitorizar entregas y retrasos en la cadena logística
- Implementación de IA y appificación con el fin de integrar la información de la cadena logística a tiempo real
- Robotización del procesado, con el fin de obtener mejor eficiencia y rendimientos

Distribución:

- Utilización de sensores inteligentes y algoritmos de matemática avanzada con el fin de obtener capacidad predictiva sobre pedidos futuros

- Machine Learning con el fin de automatizar operaciones en estaciones de servicio y aumentar eficiencia
- BigData e integración con socios como Amazon o ECI.

Consumo:

- Appificación e implementación de una estrategia omnicanal
- Inteligencia Artificial para mejorar la interacción con el cliente (RPAs)
- Desarrollo de nuevas iniciativas de movilidad, enfocadas en el cliente
- Desarrollo de sistemas de domótica integrada con el consumo energético

La implementación de todas estas iniciativas ha fomentado los siguientes KPIs esgrimidos en el Plan Estratégico de Repsol (hasta 2021):



Fig. 26. Elaboración propia. Herramienta: PowerPoint | Fuente: Dossier Transformación digital Repsol, 22

Además, estos KPIs se traducen en un flujo de caja operativo incremental que, sumado a los ahorros de CAPEX, Repsol calcula que supuso en 2020 308M€, de los cuales 136M€ fueron destinados a inversión en programas de digitalización. Los 172M€ restantes de ahorro de caja, ayudan a impulsar el esfuerzo de inversión que la compañía debe acometer para lograr su transición multi-energética, como se ha comentado en anteriores secciones.

(Dossier de Transformación Digital - Repsol, 2022)

3.2. Repsol: Análisis de transacciones recientes

De cara a realizar este análisis, se ha conseguido acceso a una de las bases de datos más completas y actualizadas de transacciones (M&A), con el fin de analizar la tendencia en los últimos tres años.

La transacción más importante de los últimos años es la **venta de un 25% del negocio de upstream a EIG**, por valor de 3.500M € (\$ 4.800M) con fecha 07/09/2022

- El racional de esta multimillonaria venta de activos es impulsar la ponderancia de las operaciones de gas y dotar de un mayor peso al negocio en EEUU, a la vez que supone un flujo de caja extra de cara a afrontar el plan de inversión en activos renovables.
- Según fuentes de Repsol, la transacción generará un mayor fortalecimiento y descarbonización de su cartera global, incluyendo la posibilidad una salida a bolsa del negocio completo en EEUU a partir de 2026. (Estrategias de inversión, 2022)

La segunda transacción analizada, (la más reciente) ha consistido en la **compra del 50,01% de CHC Energía**, el 9/05/2023. Transacción con la que Repsol adquiere 350.000 nuevos clientes, alcanzando los 2M de contratos de suministro de luz y gas. La compañía petrolera asegura que esta adquisición “supone un paso más en su estrategia de diversificación y consolidación de su modelo de negocio como compañía multienergética” (El confidencial, 2023)

- Esta transacción, recogida en el análisis extraído de la BBDD MergerMarket, se encontró según Expansión, en una horquilla de entre 150M y 200M, aunque el valor exacto del deal no ha sido publicado.
- La operación permitirá a Repsol controlar una de las principales comercializadoras de electricidad y gas de España, que consta de un posicionamiento fuerte en entornos rurales y pequeños municipios. (El Confidencial, 2023)

Siguiendo en orden cronológico, Repsol adquirió el 28/02/2023 **tres proyectos eólicos y dos solares fotovoltaicos al desarrollador de energía renovable ABO Wind**, incorporando de esta forma 250MW a su cartera de renovables, que ya suma 3.200MW. (Europa Press, 2023)

- Según informa la compañía, los activos de esta operación disponen ya de la Declaración de Impacto Medioambiental y su entrada en funcionamiento está prevista para 2024/25.

Siguiendo la tendencia de adquisición de proyectos de energía renovables, Repsol **adquiere Asterion Energies**, en diciembre de 2022, mediante el lanzamiento de una Tender Offer de 560M€ por el 100% de la compañía, que cuenta con proyectos en España, Italia y Francia.

- La transacción por valor de 560M contó con una prima de 20M€ max. En concepto de pagos contingentes.
- Esta operación refuerza la ambición de Repsol de convertirse en líder global en energía renovable, así como su posición en mercados clave europeos, según la CNMV.
- La adquisición dotará a Repsol de 7.700MW extra, que impulsan la compañía hacia la consecución de sus objetivos de 20.000MW en 2030.

En el siguiente documento vinculado han sido analizadas más de 30 operaciones desde 2020 mayo de 2023, pudiendo confirmar la ambición de la compañía por transformarse mediante adquisiciones inorgánicas.



mergermarket-deals
-export-Repsol.xlsx

3.3. Posicionamiento REPSOL respecto a principal competidor (CEPSA)

Para empezar, si se comparan los marcos temporales y la inversión esperada para el periodo, se aprecian diferencias notables en cuanto a expectativa y tamaño de las compañías.

La estrategia de Repsol, con un horizonte de 3 años, está diseñada hasta 2025 y las inversiones alcanzarán los 19.300 millones de euros en este periodo. Repsol pretende reducir su huella de carbono un 15% para 2025, un 18% para 2030 y un 55% para 2040 antes de convertirse en 2050 en una empresa “Net Zero Emissions”

La estrategia de Cepsa sin embargo, es aún más ambiciosa, apuntando a una reducción de las emisiones del 50% para 2030, invirtiendo 3.600M € en el mismo periodo, los próximos tres años.

Uno de los motivos fundamentales de esta diferencia, es la agilidad transformacional de ambas compañías, donde Repsol podría jugar en desventaja debido a su mayor tamaño.

Además, del análisis de los planes estratégicos de ambas compañías, se han encontrado otras diferencias destacables en los siguientes campos:

Enfoque en las energías renovables: Aunque tanto Repsol como Cepsa han invertido en fuentes de energía renovables, Repsol ha puesto un mayor énfasis en esta área.

Repsol ha realizado importantes inversiones en tecnologías renovables como la eólica, la solar y desde 2022, los biocombustibles, con la construcción de la primera planta de combustibles BIO en España (transformando parte de la planta del Complejo Industrial de Cartagena) -para lo cual se han previsto 200M€ de inversión inicial- también ha diversificado en otros sectores no relacionados con el petróleo y el gas, como son el caso de la Instalación de paneles solares para clientes mediante la creación de una Joint Venture con Telefónica (Solar360), así como el fomento de la movilidad eléctrica y el almacenamiento de energía,

un ejemplo de esta última actividad es su Partnership con la empresa de infraestructura de carga Ibil. (IBIL, 2022) (Repsol, 2022)

Cepsa, por su parte, desde el inicio centró su diversificación dentro del propio sector de Oil & Gas, (desarrollo de producto, de acuerdo a la categorización de I. Ansoff) con inversiones en petroquímica y lubricantes, o apostando por dar una segunda vida a su modelo comercial de gasolineras, mediante la reconversión, para ventas de alimentos y farmacia. Si bien, gracias a las desinversiones llevadas a cabo, CEPSA se plantea retos futuros entorno a la tecnología del hidrógeno donde acometer inversiones mil millonarias, y donde seguro competirán ambos gigantes. (Cepsa, 2022)

Estrategia de fusiones y adquisiciones: Tanto Repsol como Cepsa han realizado fusiones y adquisiciones para diversificar sus negocios, pero la naturaleza de estas operaciones ha sido diferente. Repsol ha llevado a cabo adquisiciones y alianzas estratégicas que se alinean con sus objetivos de energía renovable y baja emisión de carbono, como las adquisiciones analizadas con anterioridad o la participación mayoritaria en el promotor eólico español Delta en 2021 por valor de 245M€. Cepsa, por su parte, se ha centrado más en la desinversión de activos no estratégicos, como la venta de su negocio de exploración y producción a Abu Dhabi National Oil Company en 2019. Otro ejemplo de desinversión en su negocio up-stream se conoció el 1 de marzo de este año, con la publicación en expansión de la venta de CEPSA del 50% de sus pozos petrolíferos a Total Energies, por valor de 1.500 millones €.

Una posible explicación de esta menor desinversión en el negocio tradicional de Repsol, en comparación con CEPSA, es la alta tasa de retorno en capital invertido de REPSOL, que sigue manteniendo el liderazgo en cuanto a rentabilidad de sus proyectos. (Plan Estratégico 21-25 Repsol)

Enfoque geográfico: Repsol y Cepsa también han demostrado un enfoque geográfico diferente a la hora de ejecutar su diversificación. Repsol tiene una presencia global, con inversiones en energías renovables y otros sectores en Europa, Asia y América. Cepsa, por su parte, se ha centrado históricamente más

en los mercados español, europeo y norteafricano, aunque recientemente se ha expandido a otras regiones de Latinoamérica.

Tras el análisis llevado a cabo, podemos concretar que Repsol y Cepsa han adoptado enfoques diferentes para la diversificación dentro del sector del petróleo y el gas. Repsol ha puesto un mayor énfasis en las energías renovables y otros sectores no relacionados con su sector O&G, mientras que Cepsa se ha centrado en la diversificación dentro del propio sector, mediante la desinversión en activos propios del O&G, aunque también persigue su entrada en el sector de las renovables, cuya creciente posición de caja podría fomentar las operaciones de adquisición en este sentido. CEPSA cuenta con una liquidez sólida de 4.000M de euros, que le permiten cubrir los vencimientos de deuda hasta 2027. (CEPSA, 2022)

Repsol ha buscado adquisiciones estratégicas que se alineen con sus objetivos de bajas emisiones de carbono, mientras que Cepsa se ha centrado en las desinversiones y generación de caja de cara a generar proyectos internos y de crecimiento orgánico, algo más complicado para Repsol debido a su mayor tamaño.

CONCLUSIONES

4.1. Resumen de los principales hallazgos

Mediante la realización de este trabajo de investigación, se ha obtenido una visión clara del funcionamiento del sector energético y petrolífero español, caracterizando las peculiaridades del sistema energético español así como los elementos sobre los que situar el foco de cara a lograr un entendimiento completo de los retos futuros.

En cuanto al concepto de energía, se han presentado clasificaciones de las fuentes energéticas que todos conocemos, así como otras menos convencionales y con menor presencia en el ámbito no energético. El entendimiento por ejemplo de las fuentes de energía de flujo, ha sido de vital importancia de cara a entender los retos a los que las renovables se enfrentan a día de hoy. También se ha caracterizado el flujo energético de España, constatando que a pesar del impacto del sector y de los numerosos debates que se generan diariamente a su alrededor (tanto en la esfera política como empresarial, industrial o social), existe un mal uso -o al menos un uso incompleto de los términos- en cuanto a la presentación de datos de la matriz energética, más comúnmente denominada mix energético.

Tanto el entendimiento del flujo energético, como del funcionamiento de los combustibles fósiles y su diferencia con las fuentes de energía de flujo, han conducido el estudio hacia un discernimiento entre el suministro total de energía primaria (por el lado del suministro o la oferta de energía (erróneamente llamado de producción energética) y el consumo final de energía.

Estos hallazgos han sido fundamentales para comprender que no solo es necesaria una transformación hacia la “generación” de energía sostenible y limpia, si no que el verdadero reto de la transición energética se encuentra en la actualidad en el lado de la demanda y consumo de energía, que requiere de avances y desarrollos tecnológicos considerables de cara a su viabilidad tanto de comercialización como de sustitución de los sistemas obsoletos (e.g: la electrificación del consumo final y el caso de la caldera de gas vs Heat Pumps o

el vehículo eléctrico). Este reto será aun mayor para ciertos sectores industriales, cuya electrificación no es posible en la actualidad, por lo que la desaparición de la quema de petróleo no parece estar en el horizonte, por ahora. Una vez finalizado el análisis de tendencias y transformaciones en el sector O&G, así como la comprensión de su cadena de valor, se ha indagado sobre la principal motivación de la transformación del sector, concluyendo un motivo principal: la necesidad de cumplir con los escenarios medioambientales fijados con el objetivo de reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero, para contribuir así a una descarbonización acelerada de la economía. Aunque en el trabajo han quedado reflejadas posiciones contradictorias acerca de las causas del calentamiento global, el tejido empresarial y especialmente el de la industria O&G está comprometido con la consecución del escenario *Net Zero Emissions 2050*, que pretende estabilizar el incremento de tª media global entorno a grado y medio Celsius.

Una vez establecido y comprendido el marco teórico, fundamental al tratar un tema tan amplio como el que cubre este trabajo, se ha procedido a analizar y comparar los planes estratégicos y diversas hojas de ruta de las principales compañías del sector, con especial foco en Repsol S.A.

Se han analizado tanto los objetivos marcados por Repsol para alinear su estrategia con los objetivos fijados por la Unión Europea y el gobierno español, los desarrollos tecnológicos y los vehículos o canales de inversión, como las últimas transacciones realizadas por el gigante energético y petroquímico, con el fin de convertirse en una compañía multi-energía.

Además, se ha podido acceder de forma exclusiva a varios estudios reales sobre estrategias de digitalización y a las iniciativas concretas o palancas propuestas para lograr la implementación de esta estrategia de transformación.

4.2. Implicaciones para el sector

Las implicaciones que el nuevo paradigma regulatorio y social acarrearán para el sector O&G son de un calado importante, promoviendo cambios sustanciales en los modelos de negocio de las compañías del sector O&G español. La fuerte apuesta por las renovables sigue siendo el pilar principal de la transición, pero además se han adoptado iniciativas de innovación y desarrollo, como el impulso de nuevos desarrollos tecnológicos como los biocombustibles, la generación baja en carbono de Hidrógeno o proyectos CAC de captura de carbono implementadas en el proceso de refinado del crudo, así como iniciativas secundarias de apoyo hacia la electrificación de la demanda (e.g: fomento de la movilidad eléctrica).

Los objetivos de transformación fijados por las empresas del sector, han acelerado asimismo el proceso de digitalización de las compañías, como se ha analizado para el Caso práctico de la compañía Repsol, pasando la transformación digital a formar un nuevo eje de carácter estratégico con el fin no solo de mejorar la experiencia de cliente sino, fundamentalmente de generar ahorros de caja operativa, que permitan afrontar las inversiones necesarias para la transformación de los modelos de negocio actuales.

4.3. Líneas futuras de investigación

Al tratarse de un TFG del ámbito de la estrategia empresarial, no se ha profundizado demasiado ciertos aspectos que sí habrían resultado de interés para el autor, y que quizá puedan desarrollar con más acierto, y como continuación a este trabajo, mis compañeros estudiantes del Instituto Católico de Artes e Industrias (ICAI).

Entre estos temas se encuentra el flujo energético, en cuyo análisis el trabajo ha presentado un marco de estudio de alcance convencional (hasta el consumo final total), sin embargo resulta de especial interés para el autor, la línea que marcaba el profesor de ICAI Pedro Linares, quien aseguraba hace algunos años estar trabajando para seguir los flujos, “no hasta la energía final, sino hasta el servicio energético, el servicio facilitado por la energía.” Es decir, más allá del enchufe, o

del surtidor de la gasolinera. Este posible estudio, aportaría nuevos conocimientos en materia de eficiencia de los distintos sistemas y tecnologías utilizadas a día de hoy, y permitiría la comparación de nuestro flujo energético con los de otras naciones en un nivel de detalle más profundo -por el lado de la demanda-.

Otro de los temas cuyo desarrollo sería de sumo valor debido a su actualidad, es el avance de nuevas tecnologías como la foto-electrocatalisis (para la generación de hidrógeno verde) o de los biocombustibles que ya se encuentran en desarrollo por Repsol.

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. De elaboración propia	7
Fig. 2. Elaboración propia.	
Fuentes: I. Hore-Lacy , Y. Chisti, A. Golnik, University of Calgary	12
Fig. 3. Elaboración propia. Fuente: Statista.....	13
Fig 4. Elaboración propia. Herramienta: ThinkCell Fuente: S.G de Prospectiva, Estrategia y Normativa en Materia de Energía, 2022.....	14
Fig. 5. Elaboración propia. Herramienta: Sankeymatic y M. Powerpoint.....	15
Fig. 6. Elaboración propia. Herramienta: Sankeymatic (S.G de Prospectiva, Estrategia y Normativa en Materia de Energía, 2023)....	17
Fig. 7. Elaboración propia. Herramienta: PowerPoint MITERD - S.G de Prospectiva, Estrategia y Normativa en Materia de Energía, 2023	18
Fig. 8. Elaboración propia. Herramienta: ThinkCell Red Eléctrica de España - Estructura de generación, 2021	20
Fig. 9. Elaboración propia. Herramienta: PowerPoint Statista - Informe: Sector energético español, 2021	20
Fig. 10. Elaboración propia. Herramienta: PowerPoint Statista - Informe: Sector energético español, 2021	22
Fig. 11. Elaboración propia. Herramienta: PowerPoint Statista - Informe: Sector energético español, 2022.....	22
Fig. 12. Elaboración propia. Herramienta: PowerPoint Statista - Informe: Sector energético español, 2021	23
Fig. 13. Imagen extraída de Red Eléctrica de España	25
Fig. 14. Imagen extraída de Red Eléctrica de España	25
Fig. 15. Imagen extraída de la web oficial de AOP.....	26
Fig. 17. Imagen extraída del Plan Estratégico CEPSA 2030.....	33
Fig. 18. Elaboración propia. Herramienta: PowerPoint Statista - Informe: Sector energético español, 2021	36
Fig. 19. Elaboración propia. Herramienta: ThinkCell Universidad Pontificia de Comillas; IEA (WEO) – Análisis de escenarios energéticos para España, 2021.....	40

Fig. 20. Imagen extraída del WEO 2022, IEA.....	42
Fig. 21. Elaboración propia. Herramienta: PowerPoint Fuente: BCG Experience 2019; Dossier Repsol	47
Fig. 22. Elaboración propia. Herramienta: PowerPoint Fuente: Plan Estratégico Repsol, 2021-2025	49
Fig. 23. Elaboración propia. Herramienta: ThinkCell Fuente: Plan Estratégico Repsol, 2021-2025	50
Fig. 24. Elaboración propia. Herramienta: ThinkCell Fuente: Plan Estratégico Repsol, 2021-2025	51
Fig. 25. Elaboración Repsol. Herramienta: ThinkCell Fuente: Plan Estratégico Repsol, 2021-2025	52
Fig. 26. Elaboración propia. Herramienta: PowerPoint Fuente: Dossier Transformación digital Repsol, 22	55

BIBLIOGRAFÍA

20 Minutos. (2011, abril 5). El petróleo sube tras los primeros bombardeos en Libia. Recuperado de <https://www.20minutos.es/noticia/976853/0/petroleo/gasolina/libia/>

A. Golnik and G. Elert. (2003). Energy Density of Gasoline [Online]. Available: <http://hypertextbook.com/facts/2003/ArthurGolnik.shtml>.

Agencia Internacional de Energía. (2021). Global Energy Review. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021>

Agencia Internacional de Energía. (2022). World Energy Outlook 2022. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>

Alonso, P., & Pérez, F. (2019). The Spanish Oil and Gas Sector. In Natural Resources and Economic Growth (pp. 179-193). Recuperado de https://www.repsol.com/imagenes/infografias/intranet/usos-no-energeticos/index_es.html

Álvarez Orkestra, E. (2018). [Title not available]. Recuperado de <https://www.orkestra.deusto.es/images/investigacion/publicaciones/informes/cuadernos-orkestra/oil-gas-value-chain-focus-refining.pdf>

BBVA. (2022, January 10). What is a country's energy mix? The balance of energy sources. BBVA. <https://www.bbva.com/en/sustainability/what-is-a-countrys-energy-mix-the-balance-of-energy-sources/>

Bioenergy International. (2023, April 11). Repsol starts construction of Cartagena biofuels plant. Recuperado de <https://bioenergyinternational.com/repsol-starts-construction-of-cartagena-biofuels-plant/>

Birol, F. (14 de enero de 2021). Energía y crecimiento económico. Agencia Internacional de Energía. <https://www.iea.org/commentaries/energy-and-economic-growth>

British Gas. (n.d.). Gas boilers ban 2025: What does the future hold for home heating? Recuperado de <https://www.britishgas.co.uk/the-source/greener-living/gas-boilers-ban-2025.html>

C. Dillon. (2009, October). How Far Will Energy Go? - An Energy Density Comparison [Online]. Available: <http://www.cleanenergyinsight.org/interesting/how-far-will-your-energy-go-an-energy-density-comparison/>

Cadena SER. (2017, April 18). Las petroleras "miran de reojo" a Doñana mientras Repsol celebra 30 años en Huelva. Cadena SER. Recuperado de https://cadenaser.com/emisora/2017/04/18/radio_huelva/1492520033_935521.html

CaixaBank Research. (n.d.). Economía española y petróleo: una relación estrecha. Recuperado de <https://www.caixabankresearch.com/es/economia-y-mercados/materias-primas/economia-espanola-y-petroleo-relacion-estrecha>

Carnot, S. (1824). Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance [Reflections on the Motive Power of Fire]. Bachelier

Castro Vaquero, R. (2019, febrero 5). El sector Oil & Gas, análisis de la situación, demanda y perspectivas. MAPFRE Global Risks. <https://www.mapfreglobalrisks.com/gerencia-riesgos-seguros/articulos/el-sector-oil-gas-analisis-de-la-situacion-demanda-y-perspectivas/>

Cecere, D., Giacomazzi, E., & Ingenito, A. (2014). A review on hydrogen industrial aerospace applications. International Journal of Hydrogen Energy, 39(20), 10731-10747

Cepsa. (n.d.). Cepsa invertirá 3.000 millones de euros en hidrógeno verde. Recuperado de <https://www.cepsa.com/es/prensa/cepsa-invertira-3000-millones-de-euros-en-hidrogeno-verde>

Cinco Días. (2020, marzo 23). La pandemia de coronavirus puede hundir la demanda de petróleo en 10 millones de barriles al día. Recuperado de https://cincodias.elpais.com/cincodias/2020/03/23/companias/1584959938_077972.html

Cinco Días. (2022, March 10). Repsol se hace fuerte en su compromiso con la transición energética. Recuperado de https://cincodias.elpais.com/cincodias/2022/03/10/companias/1646896986_821167.html

Cinco Días. (2022, September 7). La UE prevé extender la normativa para controlar el CO2 importado. Recuperado de https://cincodias.elpais.com/cincodias/2022/09/07/companias/1662548308_914967.html#?rel=mas

Cinco Días. (2022, September 7). Repsol y Cepsa se alían para la creación de una joint venture de renovables en España. Recuperado de https://cincodias.elpais.com/cincodias/2022/09/07/companias/1662570245_403624.html

Cognizant. (n.d.). Digital Oilfield. Recuperado de https://www.cognizant.com/es_mx/glossary/digital-oilfield

Comisión Europea. (2020). EU Energy in Figures. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/eu_energy_in_figures_2020_en.pdf

Consejería de Fomento y Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León. (s.f.). Consumo de energía final. Recuperado el 16 de abril de 2023, de <https://medioambiente.jcyl.es/web/es/planificacion-indicadores-cartografia/consumo-energia-final.html>

Davis, S. J., Lewis, N. S., Shaner, M., Aggarwal, S., Arent, D., Azevedo, I. L., ... & Clack, C. T. (2018). Net-zero emissions energy systems. *Science*, 360.

El Confidencial. (2022, December 16). Repsol Renovables compra Asterion Energies. Recuperado de https://www.elconfidencial.com/empresas/2022-12-16/repsol-renovables-compra-asterion-energies_3541052/

El Confidencial. (2023, May 9). Repsol cierra la compra del 50,01% de la comercializadora de electricidad Bip&Drive. Recuperado de https://www.elconfidencial.com/empresas/2023-05-09/repsol-cierra-compra-del-50-01-de-la-comercializadora_3626115/

El Economista. (2023, May 19). Repsol compra el megapozo Blacktip con el foco puesto en la salida a bolsa. Recuperado de <https://www.eleconomista.es/energia/noticias/12281654/05/23/repsol-compra-el-megapozo-blacktip-con-el-foco-puesto-en-la-salida-a>

El Español. (2023, April 10). El sector petrolero español, entre la regulación y los combustibles sintéticos para reducir emisiones. Recuperado de https://www.elespanol.com/invertia/empresas/energia/20230410/sector-petrolero-espanol-regulatorio-combustibles-sinteticos-reducir/755174796_0.html

Energía y Sociedad. (n.d.). Insostenibilidad del sistema energético y vías de solución. In Manual de la Energía. Recuperado de <https://www.energiaysociedad.es/manual-de-la-energia/1-6-insostenibilidad-del-sistema-energetico-y-vias-de-solucion/>

Estrategias de Inversión. (2022, December 16). Repsol vende a EIG un 25% de su negocio de exploración y producción por 2,775 millones. Recuperado de <https://www.estrategiasdeinversion.com/actualidad/noticias/bolsa-espana/repsol-vende-a-eig-un-25-de-su-negocio-de-exploracion-n-553153>

Euronews. (2022, September 6). Repsol cede a Canadá su negocio de exploración y producción de crudo. Recuperado de <https://es.euronews.com/next/2022/09/07/repsol-cesion-canada>

Europa Press. (2011, marzo 1). Bernanke admite que el alza sostenida del precio del petróleo representa una amenaza para la economía. Recuperado de <https://www.europapress.es/economia/macroeconomia-00338/noticia-economia-bernanke-admite-alza-sostenida-precio-petroleo-representa-amenaza-economia-20110301174902.html>

Europa Press. (2023, February 28). Repsol compra tres proyectos eólicos y dos solares fotovoltaicos al promotor y desarrollador ABO Wind. Recuperado de <https://www.europapress.es/economia/noticia-repsol-compra-tres-proyectos-eolicos-dos-solares-fotovoltaicos-promotor-desarrollador-abo-wind-20230228101547.html>

European Parliament. (n.d.). La prohibición de vender nuevos coches de gasolina y diesel a partir de 2035. Recuperado de https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/economy/20221019STO44572/la-prohibicion-de-vender-nuevos-coches-de-gasolina-y-diesel-a-partir-de-2035?at_campaign=20234-Green&at_medium=Google Ads&at_platform=Search&at_creation=DSA&at_goal=TR_G&at_audience=&at_topic=Emissions&qclid=CjwKCAjwpayjBhAnEiwA-7enayA4MA-tVjsxyv_qTrbQklmFOhTMSmxH4kHdQrhvfNOU7PcLj2M4vRoCQpwQAvD_BwE

Expansión. (2023, March 1). Repsol y Cepsa invertirán 27.000M en ser más verdes. Recuperado de <https://www.expansion.com/empresas/energia/2023/03/01/63ff4f44468aebed298b45ca.html>

EY. (n.d.). How digitalization can streamline oil and gas operations. Recuperado de https://www.ey.com/es_mx/oil-gas/how-digitalization-can-streamline-oil-and-gas-operations

Federal Reserve. (2016, April 8). Recession risk and the excess bond premium. Recuperado de <https://www.federalreserve.gov/econresdata/notes/feds-notes/2016/recession-risk-and-the-excess-bond-premium-20160408.html>

Finanzas. (n.d.). Repsol vs. Cepsa: el petróleo español invertirá 27.000M en ser más verde. Recuperado de <https://www.finanzas.com/esg/industria/repsol-vs-cepsa-el-petroleo-espanol-invertira-27-000m-en-ser-mas-verde/>

Francisco Asis Cabello, 2022. Mix energético de una nación. Recuperado de <https://diarioresponsable.com/noticias/33718-que-es-el-mix-energetico-de-un-pais>

Frost & Sullivan. (2020). Strategic Analysis of the Spanish Oil Refining Market, Forecast to 2025.

Fulton, L. M., Lynd, L. R., Körner, A., Greene, N., & Tonachel, L. R. (2015). The need for biofuels as part of a low carbon energy future. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 9(5), 476-483.

Funcas. (n.d.). El futuro de la energía: Resúmenes ejecutivos. Recuperado de <https://www.funcas.es/revista/el-futuro-de-la-energia-resumenes-ejecutivos/>

García. (2021, junio 18). Carísima aquí, regalada para Europa: ¿qué sentido tiene que España exporte tanta electricidad en plena crisis? Recuperado de <https://www.xataka.com/energia/carisima-aqui-regalada-para-europa-que-sentido-tiene-que-espana-exporte-tanta-electricidad-plena-crisis>

Giráldez, J. (2019). "El sistema eléctrico español y las energías renovables". Universidad de Sevilla, Facultad de Física. <https://www.xataka.com/energia/carisima-aqui-regalada-para-europa-que-sentido-tiene-que-espana-exporte-tanta-electricidad-plena-crisis>

Gob.es. (2021). España cumple los objetivos europeos de renovables y eficiencia energética en 2020. Recuperado de <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/espa%C3%B1a-cumple-los-objetivos-europeos-de-renovables-y-eficiencia-energ%C3%A9tica-en-2020/tcm:30-534576>

Grupo B International. (n.d.). ¿Qué son las emisiones de alcance 2? Recuperado de <https://grupobinternational.com/que-son-emisiones-alcance-2/>

Hamilton, J. D. (1989). A new approach to the economic analysis of nonstationary time series and the business cycle. *Journal of Economic Dynamics and Control*

I. Hore-Lacy, "Future Energy Demand and Supply," in Nuclear Energy in the 21st Century, 2nd ed., London, UK: WNUP, 2011, ch.1, sec.6, pp.9

IBIL. (n.d.). Repsol e IBIL desarrollan la primera estación de recarga para vehículos eléctricos con almacenamiento de energía en España. Recuperado de <https://www.ibil.es/sala-de-prensa/repsol-e-ibil-desarrollan-la-primer-estacion-de-recarga-para-vehiculos-electricos-con-almacenamiento-de-energia-en-espana/>

IDEAM. (2019). Densidad de energía eólica. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Recuperado de <http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/TEXTO---Densidad-de-Energia-Eolica.pdf>

IEA (2020). Energy Technology Perspectives 2020. Paris: International Energy Agency.

International Energy Agency. (n.d.). Energy Technology Perspectives 2020: Technology needs for net-zero emissions. Recuperado de <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020/technology-needs-for-net-zero-emissions>

International Energy Agency. (n.d.). The Future of Heat Pumps. Recuperado de <https://www.iea.org/reports/the-future-of-heat-pumps>

International Energy Agency. (n.d.). The global energy crisis is driving a surge in heat pumps, bringing energy security and climate benefits. Recuperado de <https://www.iea.org/news/the-global-energy-crisis-is-driving-a-surge-in-heat-pumps-bringing-energy-security-and-climate-benefits>

Isabel, P. (s.f.). La dependencia energética y los intereses de España. Real Instituto Elcano. Recuperado de <https://www.realinstitutoelcano.org/analisis/la-dependencia-energetica-y-los-intereses-de-espana/>

Junta de Castilla y León. (n.d.). Historia del petróleo. Recuperado de <https://energia.jcyl.es/web/es/biblioteca/historia-petroleo.html>

Junta de Castilla y León. (n.d.). Sector petrolífero en España. Recuperado de <https://energia.jcyl.es/web/es/biblioteca/sector-petrolifero-espana.html>

La Información. (2021, marzo 10). La producción nacional de petróleo roza la zona cero en espera de la Ley del Clima. Recuperado de <https://www.lainformacion.com/empresas/la-produccion-nacional-de-petroleo-roza-la-zona-cero-en-espera-de-la-ley-del-clima/2807208/>

La Verdad. (2023, April 11). Repsol prevé producir 250,000 toneladas de biocombustibles avanzados en su nueva planta de Cartagena. Recuperado de <https://www.laverdad.es/murcia/cartagena/repsol-preve-producir-250000-toneladas-biocombustibles-20230411224830-nt.html>

Libre Mercado. (2022, abril 8). España se dispone a liberar sus reservas de petróleo. Recuperado de <https://www.libremercado.com/2022-04-08/espana-se-dispone-a-liberar-sus-reservas-de-petroleo-6884635/>

Linares, P. (2012). Un tercio de la energía utilizada se pierde de forma inútil. El País. <https://blogs.elpais.com/eco-lab/2012/03/un-tercio-de-la-energia-utilizada-se-pierde-de-forma-inutil.html>

Linares, P. (2012). Un tercio de la energía utilizada se pierde de forma inútil. El País. <https://blogs.elpais.com/eco-lab/2012/03/un-tercio-de-la-energia-utilizada-se-pierde-de-forma-inutil.html>

Martín, M. R. (2022, May 3). Petróleo y gas: yacimientos en España, desidia, burocracia, desesperación y prohibición. Libre Mercado. Recuperado de <https://www.libremercado.com/2022-05-03/petroleo-gas-yacimientos-espana-desidia-burocracia-desesperacion-prohibicion-6892870/>

Mills, M. (2018). Digital Cathedrals: The Information Infrastructure Era. Manhattan Institute for Policy Research.
Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. (n.d.). [Title not available].
Recuperado de <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomialIndustrial/RevistaEconomialIndustrial/365/97.pdf>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s.f.).
Publicaciones Estadísticas. Recuperado de https://energia.gob.es/balances/Publicaciones/Paginas/Publicaciones_estadisticas.aspx

MITERD. (2020). Informe Balance energético España 2021. Recuperado de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwim1fjL7vn-AhXCUqQEHXemCUUQFnoECBUQAQ&url=https%3A%2F%2Fenergia.gob.es%2Fbalances%2FBalances%2Fbalandeenergeticoanual%2FBalance-Energetico-Espana2021_v0.pdf&usq=AOvVaw39_4bRGArlGpHfEbBskM1

Our World in Data. (n.d.). CO2 emissions from transport. Recuperado de <https://ourworldindata.org/co2-emissions-from-transport>

Plimer, I. R. (2009). Cielo y Tierra - El Calentamiento Global: La ciencia que falta.
Recession risk and the excess bond premium
<https://www.federalreserve.gov/econresdata/notes/feds-notes/2016/recession-risk-and-the-excess-bond-premium-20160408.html>

Repsol. (n.d.). Infografía: Usos no energéticos del petróleo. Recuperado de https://www.repsol.com/imagenes/infografias/intranet/usos-no-energeticos/index_es.html

Repsol. (n.d.). Orígenes. Recuperado de <https://www.repsol.com/es/conocenos/historia/origenes/index.cshtml>

Repsol. (n.d.). Repsol completa la compra de activos de Viesgo Comercializadora. Recuperado de <https://www.repsol.com/es/sala-prensa/notas-prensa/2018/repsol-completa-compra-activos-viesgo-comercializadora/index.cshtml>

Repsol. (n.d.). Repsol incrementa sus objetivos de generación renovable y reducción de emisiones. Recuperado de <https://www.repsol.com/es/sala-prensa/notas-prensa/2021/repsol-incrementa-sus-objetivos-de-generacion-renovable-y-reduccion-emisiones/index.cshtml>

Repsol. (n.d.). Repsol inicia obras para la construcción de la primera planta de biocombustibles avanzados de España en la Refinería de Cartagena. Recuperado de <https://www.repsol.com/es/sala-prensa/notas-prensa/2022/repsol-inicia-obras-construccion-primera-planta-biocombustibles-avanzados-de-espana-en-refineria-cartagena/index.cshtml>

Repsol. (n.d.). Who We Are. Recuperado de <https://www.repsol.com/en/who-we-are/index.cshtml>

Repsol. (s.f.). Energía Primaria. Recuperado el 16 de abril de 2023, de <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/transicion-energetica/energia-primaria/index.cshtml>

Secretaría de Estado de Energía. (2021). Balance Energético de España 2021. Recuperado de https://energia.gob.es/balances/Balances/balandeenergeticoanual/Balance-Energetico-Espana-2021_v0.pdf

Springer. Cepsa. (n.d.). About Us. Recuperado de <https://www.cepsa.com/en/about-us>

United Nations Framework Convention on Climate Change. (n.d.). Fossil fuels are biggest part of global ecological footprint. Recuperado de <https://unfccc.int/news/fossil-fuels-are-biggest-part-of-global-ecological-footprint>

United Nations. (n.d.). Paris Agreement. Recuperado de <https://www.un.org/en/climatechange/paris-agreement>

Universidad de Jaén. (s.f.). Radiación solar. Curso de energía solar. Recuperado el 7 de abril de 2023, de http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/02_radiacion/01_basico/2_radiacion_01.html

University of Calgary (2022). Densidad Energética. Energy Education.
Recuperado, de https://energyeducation.ca/es/Densidad_energ%C3%A9tica

University of Calgary. (2021). Flujo de energía primaria. Energy Education.
Recuperado de
https://energyeducation.ca/es/Flujo_de_energ%C3%ADa_primaria

Xataka. (2021, mayo 5). España quiere bajar el precio del petróleo: sabe que tiene que hacer para liberar sus reservas estratégicas. Recuperado de
<https://www.xataka.com/energia/espana-quiere-bajar-precio-petroleo-sabe-que-tiene-que-hacer-liberar-sus-reservas-estrategicas>