



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Centro de Estudios de Postgrado

PLANIFICACIÓN Y PROSPECTIVA ENERGÉTICA EN ANDALUCÍA. DESARROLLO DE ESCENARIOS Y COMPARACIÓN CON ESCENARIOS INTERNACIONALES

Alumno/a: Díaz Merino, Antonio

Tutor/a: Prof. D. Julio Terrados Cepeda

Dpto: Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos



Universidad de Jaén
Escuela Politécnica Superior de Jaén
Departamento de Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos

Don JULIO TERRADOS CEPEDA, tutor del Trabajo Fin de Máster titulado: PLANIFICACIÓN Y PROSPECTIVA ENERGÉTICA EN ANDALUCÍA. DESARROLLO DE ESCENARIOS Y COMPARACIÓN CON ESCENARIOS INTERNACIONALES, que presenta ANTONIO DÍAZ MERINO, autoriza su presentación para defensa y evaluación en Centro de Estudios de Postgrado.

Jaén, Septiembre de 2020

El alumno:

ANTONIO DÍAZ MERINO

El tutor

JULIO TERRADOS CEPEDA

RESUMEN

Este estudio se ha realizado para mostrar la situación de España y principalmente de Andalucía en el ámbito de las energías renovables donde se va a proceder a analizar cada una de las energías existentes y su probable evolución en los próximos plazos establecidos por la Unión Europea.

Para ello se han estudiado las metodologías utilizadas en trabajos previos y las posibles a estudiar en este trabajo para obtener una mayor base de información y realizar un informe más completo.

El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima será la base del estudio nacional tratando temas como por ejemplo la descarbonización, eficiencia energética o seguridad energética.

En el ámbito andaluz se ha estudiado el panorama energético y camino seguido para poder conocer la posible trayectoria de la comunidad además del potencial.

Este camino seguido muestra como en Andalucía el consumo tanto final como primario de recursos fósiles ha sido muy alto, en torno al 50%, parámetro el cual nos indica la transición necesaria hacia un camino basado en energías más eficientes, una reducción de las emisiones de CO₂ y un mayor energía provenientes de fuentes renovables.

El futuro de Andalucía pasa en gran medida por la apuesta de las energías renovables, debiendo ser la base energética de la comunidad autónoma. Andalucía tiene un gran potencial, salvando el problema de su escasa capacidad eléctrica.

La prospectiva muestra como Andalucía quiere transicionar hacia el camino basado en fuentes de origen renovables con numerosas empresas invirtiendo en estos aspectos.

En el ámbito internacional el grupo Shell muestra los diversos escenarios mundiales según el grado de implicación de los países y sociedad. Se distinguieron los escenarios Scramble, conocido como Inercia, y el escenario BluePrints, conocido como Planificación.

Tras el Acuerdo de París en 2015, se desarrolló el escenario Sky para lograr los objetivos propuestos en el acuerdo. En este aspecto se desarrollaron 3 escenarios (Mountains, Oceans y Sky) los cuales posteriormente se han comparado con la situación andaluza y su prospectiva.

ABSTRACT

This MA dissertation highlights the situation of renewable energy in Spain and mainly in Andalusia. It presents an analysis of each of the existing energies and their likely evolution in the next deadlines set by the European Union.

To this end, the methodologies used in previous work have been considered and the possible ones to study in this essay in order to obtain a greater database and to write up a complete report. PNIEC (Integrated National Energy and Climate Plan) will be the core of the national study dealing with themes such as decarbonization, energy efficiency or energy security. In the region of Andalusia, the energy outlook has been regarded to determine its evolution and potential.

The path pursued shows how in Andalusia the consumption of fossil resources has been very high, about 50%, parameter which indicates the necessary transition to a path based on more efficient energies, a reduction in CO₂ emissions and more energy from renewable sources.

The future of Andalusia goes largely through the commitment of renewable energies being the energy base of the autonomous community. Andalusia has a great potential, saving the problem of its low electrical capacity. The forward planning shows how Andalusia wants to make a transition founded on sources of renewable origin with numerous companies investing in these issues.

At the international level, the Shell Group presents diverse global scenarios depending on the degree of involvement of countries and the society. Scramble scenarios, known as “Inercia”, were distinguished and the scenario BluePrints, also known as “Planificación”.

Following the Paris Agreement in 2015, the Sky scenario has been developed in order to reach the objectives proposed. In this respect, 3 scenarios were developed (Mountains, Oceans and Sky) which have subsequently been compared with the Andalusian situation and its planning.

Índice

1. Introducción
2. Objetivo
3. Metodologías para la planificación y prospectiva energética
4. Planificación y prospectiva energética en España
 - 4.1. Objetivos del PNIEC
 - 4.1.1. Descarbonización de la economía y avance de las renovables
 - 4.1.2. Eficiencia energética
 - 4.1.3. Seguridad energética
 - 4.1.4. Mercado interior de la energía
 - 4.1.5. Investigación, innovación y competitividad
 - 4.2. Cambio climático y emisiones de GEI
 - 4.3. Prospectiva española
5. Estructura y potencial energético de Andalucía
 - 5.1. Estructura del consumo de energía primaria por fuentes
 - 5.2. Consumo de energía primaria en 2018
 - 5.3. Consumo de energía final
 - 5.4. Situación energética de Andalucía
 - 5.4.1. Transporte sostenible
 - 5.5. Balance de energía eléctrica en 2018
 - 5.6. Infraestructuras energéticas
 - 5.7. Potencial energético de Andalucía
 - 5.7.1. Carbón
 - 5.7.2. Petróleo y sus derivados
 - 5.7.3. Gas natural
 - 5.7.4. Energías renovables
6. Planificación y prospectiva energética en Andalucía
 - 6.1. Estrategia Energética 2020
 - 6.2. Andalucía Horizonte 2050
 - 6.3. Propuesta inicial de planificación
 - 6.4. Planificación andaluza
7. Análisis de los escenarios internacionales
 - 7.1. Escenario Scramble

- 7.1.1. Temor y seguridad
- 7.1.2. Trayectoria hacia el carbono
- 7.1.3. La próxima revolución verde
- 7.1.4. Las soluciones por lo general conllevan inconvenientes
- 7.1.5. El camino dificultoso hacia el cambio climático
- 7.1.6. La necesidad agudiza el ingenio
- 7.2. Escenario BluePrints
 - 7.2.1. Empezando por la base
 - 7.2.2. Rutas hacia el alineamiento
 - 7.2.3. Los desarrollos benefician la energía de los países pobres
 - 7.2.4. Disgregación e integración
 - 7.2.5. BluePrints para las respuestas al cambio climático
- 7.3. Escenario Sky
- 7.4. Características de los escenarios Mountains, Oceans y Sky
- 7.5. Cronología del escenario Sky
- 8. Estudio comparativo de los escenarios andaluz e internacionales
 - 8.1. Ámbito energético
 - 8.2. Ámbito tecnológico
 - 8.3. Propuesta de prospectiva para Andalucía
- 9. Conclusiones

Índice de Tablas

<i>Tabla 1. Parque de generación del escenario objetivo. (Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC))</i>	18
<i>Tabla 2. Escenarios tendencial y objetivo. España. (Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC))</i>	19
<i>Tabla 3. Consumo de energía. (Datos energéticos de Andalucía 2018)</i>	20
<i>Tabla 4. Consumo de energía primaria por fuentes. (Datos energéticos de Andalucía 2018)</i>	20
<i>Tabla 5. Consumo de energía primaria. (Datos energéticos de Andalucía 2018)</i>	23
<i>Tabla 6. Consumo de energía final. (Datos energéticos de Andalucía 2018)</i>	24
<i>Tabla 7. Potencia instalada en Andalucía en 2018. (Datos energéticos de Andalucía 2018)</i>	28
<i>Tabla 8. Reparto del potencial energético. (Agencia Andaluza de la Energía)</i>	31
<i>Tabla 9. Evolución del grado de autoabastecimiento energético del carbón. (Agencia Andaluza de la Energía)</i>	32
<i>Tabla 10. Centrales térmicas en Andalucía. *Las centrales cerradas actualmente o próximamente. (Agencia Andaluza de la Energía)</i>	32
<i>Tabla 11. Evolución del grado de autoabastecimiento energético de gas natural en Andalucía. (Agencia Andaluza de la Energía)</i>	34
<i>Tabla 12. Consumo de gas natural por sectores de actividad en Andalucía en 2018. (Datos energéticos de Andalucía 2018)</i>	35
<i>Tabla 13. Consumo primario de energías renovables en 2018. (Datos energéticos de Andalucía 2018)</i>	36
<i>Tabla 14. Estrategia Energética de Andalucía 2020. (Estrategia Energética de Andalucía 2020)</i>	43
<i>Tabla 15. Extrapolación energética para España. (Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC))</i>	46
<i>Tabla 16. Pesos y porcentajes para los parámetros del análisis energético andaluz</i>	46
<i>Tabla 17. Comparación del objetivo energético español con la estimación andaluza para 2030</i>	47
<i>Tabla 18. Extrapolación ajustada para Andalucía</i>	48
<i>Tabla 19. Centrales térmicas de carbón en Andalucía de próximo cierre. (El País)</i>	50
<i>Tabla 20. Potencia instalada en Andalucía. (Agencia Andaluza de la Energía)</i>	50
<i>Tabla 21. Centrales de bombeo en Andalucía. (Agencia Andaluza de la Energía)</i>	51
<i>Tabla 22. Potencia instalada en cogeneración y por fuel/gas. (Agencia Andaluza de la Energía)</i>	51
<i>Tabla 23. Comparación Scramble-BluePrints. En EJ por año. (Shell)</i>	68
<i>Tabla 24. Comparativa de las potencias Andalucía 2019 - Andalucía 2030. (Según planificación andaluza)</i>	84

Índice de Ilustraciones

<i>Ilustración 1. Mapa de infraestructuras energéticas de Andalucía. (Agencia Andaluza de la Energía)</i>	29
<i>Ilustración 2. Sistema petrolífero Andaluz. (Agencia Andaluza de la Energía)</i>	30
<i>Ilustración 3. Mapa eólico de Andalucía 2009. (IDAE)</i>	37
<i>Ilustración 4. Mapa de la radiación solar en España. (Acceso a datos de radiación solar de España)</i>	37
<i>Ilustración 5. Mapa de la radiación solar en Andalucía. (Acceso a datos de radiación solar de España)</i>	38
<i>Ilustración 6. Mapa de centrales hidráulicas en Andalucía. (Junta de Andalucía)</i>	39
<i>Ilustración 7. Mapa geotérmico de Andalucía. (Agencia Andaluza de la Energía)</i>	40
<i>Ilustración 8. Potencial biomásico de Andalucía. (Junta de Andalucía)</i>	41
<i>Ilustración 9. Recorrido tecnológico mundial del escenario Sky. (Shell)</i>	75

Índice de Gráficas

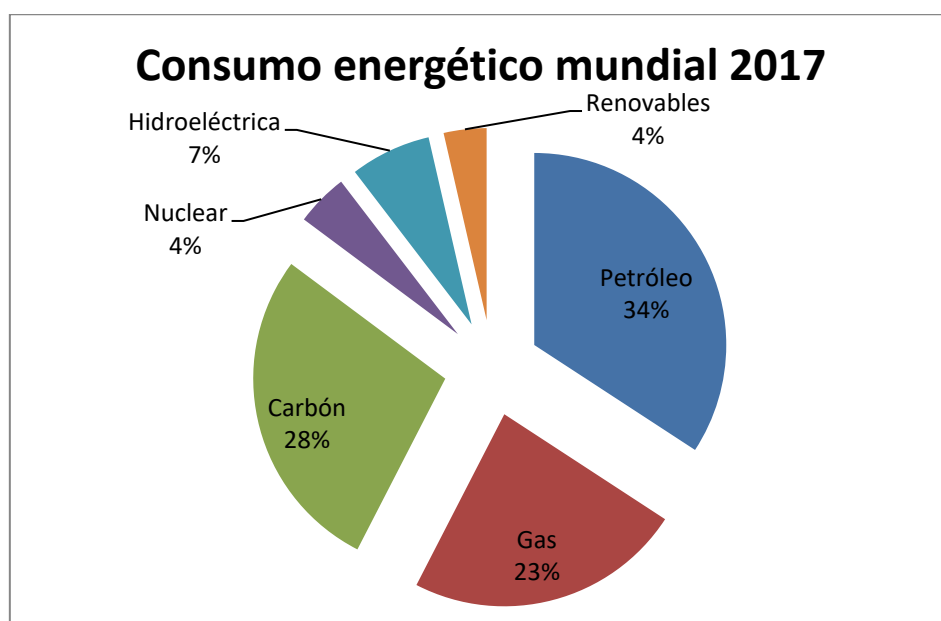
<i>Gráfica 1. Consumo energético mundial 2017 (Enerdata)</i>	9
<i>Gráfica 2. Consumo energético español 2016 (Gobierno de España)</i>	9

Gráfica 3. Análisis prospectivo. (World Energy Outlook, 2010)	12
Gráfica 4. Estimación de la población mundial. (Statista)	13
Gráfica 5. Consumo mundial en 2018. (BP)	14
Gráfica 6. Consumo de energía final por fuentes. (Datos energéticos de Andalucía 2018)	22
Gráfica 7. Evolución del consumo y producción para consumo interior de energía. (Datos energéticos de Andalucía 2018)	23
Gráfica 8. Producción de energía eléctrica en 2018. (Datos energéticos de Andalucía 2018)	27
Gráfica 9. Evolución de la tasa de autogeneración eléctrica. (Datos energéticos de Andalucía 2018)	27
Gráfica 10. Petróleo y sus derivados en Andalucía. (Agencia Andaluza de la Energía)	33
Gráfica 11. Consumo de gas natural. (Agencia Andaluza de la Energía)	34
Gráfica 12. Consumo de energías renovables. (Agencia Andaluza de la Energía)	35
Gráfica 13. Distribución del potencial de biomasa en Andalucía. (Intelec)	41
Gráfica 14. Consumo energético final por región. (Shell)	57
Gráfica 15. Energía primaria por fuente. (Shell)	57
Gráfica 16. Consumo final de biomasa para energía. (Shell)	58
Gráfica 17. Consumo final de energía. (Shell)	59
Gráfica 18. Jerarquías energéticas a 2050. (Shell)	64
Gráfica 19. Crecimiento de la electricidad en el transporte. (Shell)	65
Gráfica 20. Consumo final de energía eléctrica. (Shell)	66
Gráfica 21. Emisiones de CO ₂ procedentes de energía. (Shell)	68
Gráfica 22. Capacidad de la generación eléctrica por carbón. (Shell)	71
Gráfica 23. Aumento global de la temperatura. (Shell)	72
Gráfica 24. Emisiones de CO ₂ . (Shell)	73
Gráfica 25. Previsión de energía primaria para los escenarios Shell. (Shell)	74
Gráfica 26. Ventas de vehículos eléctricos. (EV-volumenes)	77
Gráfica 27. Reparto de combustibles para vehículos en el escenario Sky. (Shell)	78
Gráfica 28. Previsión de energía primaria. Andalucía 2030 sin restricciones.	79
Gráfica 29. Previsión de energía primaria. Andalucía 2030	80
Gráfica 30. Previsión de energía primaria. Andalucía 2030 sin restricciones	83

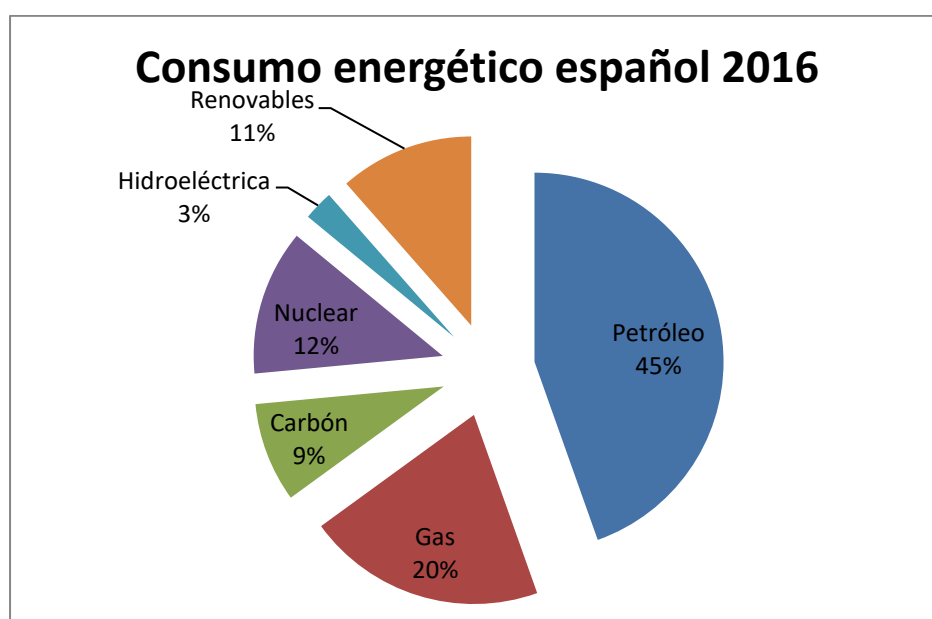
1. INTRODUCCIÓN

No cabe duda de que el mundo va camino a un aumento de necesidades energéticas y con el uso de recursos fósiles a un aumento de dióxido de carbono, este es un gran problema mundial el cuál se debe solucionar. Las energías renovables son una de las soluciones que existen para este problema, el continuo aumento de la necesidad energética y el aumento de dióxido de carbono.

Para situarse, solo es necesario ver la situación mundial y compararla con la española, siendo a grandes rasgos la siguiente:



Gráfica 1. Consumo energético mundial 2017 (Enerdata)



Gráfica 2. Consumo energético español 2016 (Gobierno de España)

En estas gráficas, aunque hay 1 año de diferencia entre ambas, se pueden apreciar diferencias entre el consumo mundial y español.

En primer lugar se puede ver como el consumo de recursos fósiles es mayor mundialmente, esto se debe principalmente a la prácticamente nula existencia de estos recursos en España, aun así, el consumo energético español depende de un 73,51% de dichos recursos. El otro punto importante es el consumo de energías renovables casi 300% mayor respecto al mundial, sin embargo, para un país carente de los anteriormente recursos fósiles un 11% es un porcentaje que puede considerarse bajo.

El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) define los objetivos de reducción de emisiones de gas de efecto invernadero, de penetración de energías renovables y de eficiencia energética.

En el documento podemos observar la evolución de la potencia instalada de energía eléctrica y la evolución de emisiones donde se puede ver la situación española en ambos ámbitos además de las previsiones hasta el año 2030.

En líneas generales, el PNIEC prevé para el 2030 una potencia instalada en el sector eléctrico de 157 GW, de los cuales el 74% sería de generación eléctrica renovable.

Centrándonos en Andalucía y basándonos en los datos del año 2017 en el ámbito energético podemos destacar un aumento de 59.777,04 GWh respecto al consumo del año anterior. (Datos energéticos de Andalucía 2017, 2017)

Sin embargo, en 2018 se redujo en un 0,9% el consumo de energía primaria y crece un 0,4% en términos de energía final, a su vez, el Producto Interior Bruto de la comunidad aumento un 2,4%. (Datos energéticos de Andalucía 2018)

Estos datos produjeron una leve reducción de las emisiones de CO₂, las cuales se suman a las anteriores reducciones. Dichas emisiones acumulan un descenso del 24% desde el año 2007 al 2018.

Esto se debe a que, aunque el carbón ha generado un 3,2% más de electricidad, ha reducido un 13% del gas, sin embargo, el consumo de productos petrolíferos en transporte aumentó un 2,8%. En cuanto a las energías renovables, siguen manteniendo un papel destacado en la matriz de consumo, aunque cabe decir que se aporte se redujo un 8,1%.

2. OBJETIVO

El objetivo principal de este Trabajo Fin de Máster es analizar la estructura y el potencial energético de Andalucía y las metodologías de planificación energética para establecer una prospectiva aplicable a la región, y establecer comparaciones con los escenarios internacionales que han sido desarrollados. Para lograr este objetivo principal se desarrollarán los siguientes objetivos secundarios los cuales servirán como base del estudio:

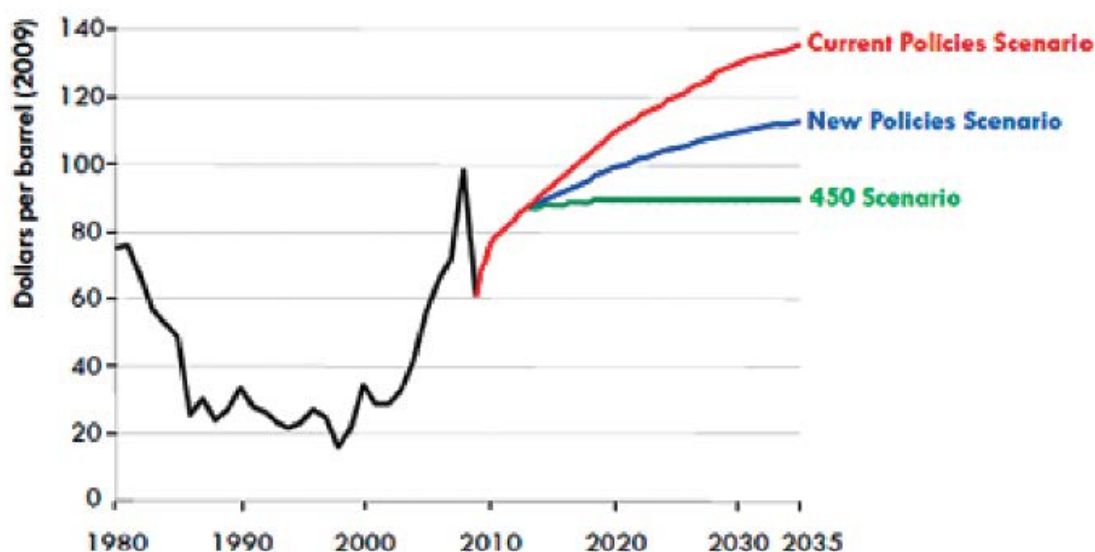
- La estructura energética andaluza para conocer la situación y así posteriormente poder estudiar el potencial y las posibilidades de cada tecnología, buscando la organización energética más óptima en la región.
- La planificación actual derivada de la estructura andaluza para las próximas décadas conociendo los objetivos marcados para Europa y así extrapolándolos a Andalucía.
- El estudio de una planificación internacional como base para la valoración de la situación y prospectiva de la comunidad, en este estudio se han utilizado los escenarios de Shell.
- Establecer una prospectiva aplicable a la comunidad en búsqueda de la planificación óptima para la región y así realizar una comparación con la planificación actual andaluza.

3. METODOLOGÍAS PARA LA PLANIFICACIÓN Y PROSPECTIVA ENERGÉTICA

Los escenarios energéticos realizados por los organismos internacionales a largo plazo, como pueden ser por ejemplo EIA, World Energy Council o la Comisión Europea, tienen en cuenta para las perspectivas energéticas variables para su posible análisis.

Como ejemplo se pueden utilizar los escenarios previsto en el *Energy Outlook 2011*. Donde se toman como referencia escenarios previstos a nivel global, los contenidos en el documento *World Energy Outlook 2010 (WEO 2010)*.

El Outlook 2010 diseña escenarios energéticos globales para 2035 (2010-2035), y contempla, en su análisis prospectivo, tres escenarios: *Current Policies Scenario (CPS)*, que es el viejo escenario de referencia de anteriores WEO; *New Policies Scenario (NPS)*, que asume los efectos de los compromisos y planes asumidos por los Gobiernos en materia de ahorro de energía y de reducción de emisiones y el *450 Scenario (450S)*, que sería el único escenario compatible con el objetivo de limitar el aumento de temperatura global media a 2°C para 2050.



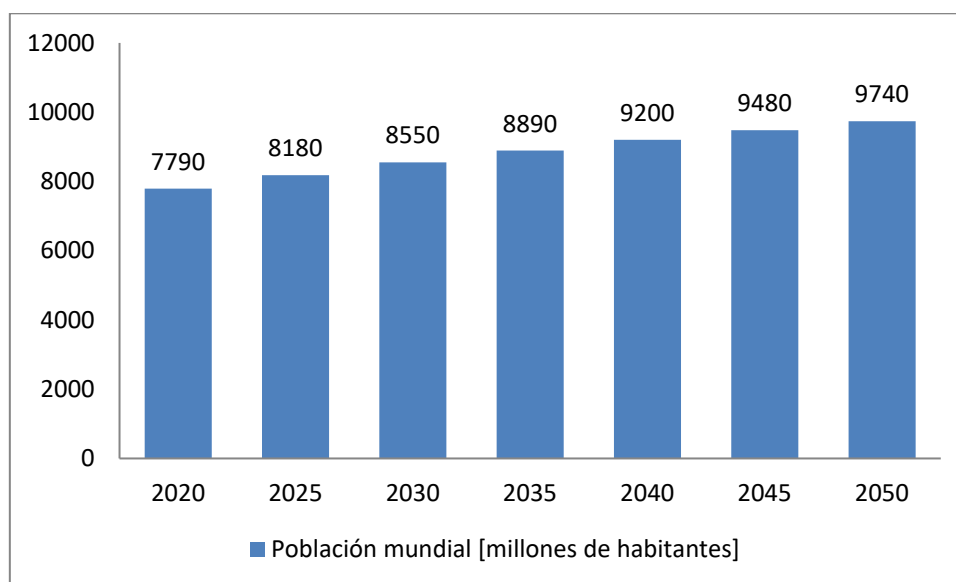
Gráfica 3. Análisis prospectivo. (World Energy Outlook, 2010)

En esta gráfica se pueden ver las expectativas en los posibles escenarios que fueron propuestos en este estudio del año 2010.

Los estudios energéticos analizan diferentes parámetros los cuales son indicadores importantes como son los aspectos económicos, políticos o demográficos. El análisis de estos parámetros muestra el posible camino que

tomará el mundo en el tiempo, siendo algunos de estos parámetros los siguientes:

- La **población mundial**, actualmente 7.800 millones, donde cabe destacar que más de un 50% de la población mundial se concentra en Asia, seguido de África con algo más de un 17%. La progresión se estima que será la siguiente:



Gráfica 4. Estimación de la población mundial. (Statista)

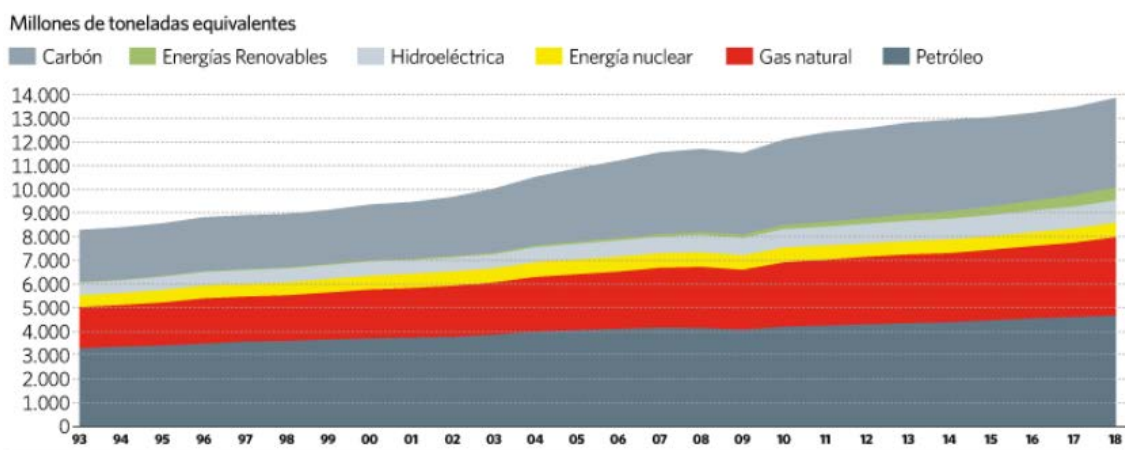
El 84% de la población mundial pertenecerá al conjunto de países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico y el 61% residirá en áreas urbanas. No obstante para 2035 se estima que el 14% de la población mundial estará condenada a la pobreza energética.

- La **media del crecimiento económico global** en el periodo de 2008-2035 sería en términos anuales de 3,2%. China y la India crecerán por encima del 5,5%, Rusia el 3%, Estados Unidos, en un entorno del 2% y la UE, un 1,6%.

- Los **precios promedios del crudo** para 2035 oscilarán entre los 113 \$ el barril (escenario NPS) y 135 \$ el barril (escenario CPS). La era del precio del petróleo por debajo de los 70 \$ el barril se ha terminado en el largo plazo. Los precios de importación del carbón y gas natural serán crecientes y guardarán una proporción constante, indexada a los precios del crudo.

- El constante crecimiento de la **demanda mundial de energía primaria**. Hay un fuerte vínculo entre el progreso humano y el consumo de energía; el Índice de Desarrollo Humano de la ONU sugiere que el incremento del consumo de energía de hasta 100 GJ por persona está asociado a un aumento sustancial del bienestar y el desarrollo humano.

Para el año 2040, el mundo requeriría alrededor de un 65% más de energía que hoy o un 25% más de energía de la prevista en el escenario base, este 25% adicional supone el equivalente al consumo total de energía de China en 2017. En la siguiente gráfica se puede apreciar el aumento del consumo mundial de energía.



- **La evolución económica** tanto nacional como internacional marcan el camino de los países y sus relaciones. Lo que influye directamente en la capacidad de los países de la implantación de las energías renovables y la posibilidad de eliminar o reducir las energías de origen fósil.

- **Grado de mantenimiento** es imprescindible para la producción de las energías renovables. El coste depende tanto de la inversión inicial como de los posibles complicaciones que pueden conllevar el mantenimiento para asegurar que no existan pérdidas de potencia o reparaciones posibles.

- Muchos países desarrollados han apostado por el **incremento de las políticas energéticas** debido a la importancia de aumentar la energía a producir y reducir las emisiones de CO₂ y mejorar la eficiencia energética.

Estas políticas pueden determinar la evolución directamente de las energías renovables y contribuir a su planificación.

- **La seguridad de abastecimiento** no solo establece el suministro energético del país, sino que provee a la comunidad de tranquilidad energética en el abastecimiento. La seguridad de abastecimiento marca la prosperidad energética de cada país.

- **Ritmo de crecimiento esperado de la demanda energética** está ligado a la evolución de la población, al modo de vida de la población, a la economía del país, al nivel de la tecnología disponible y a la saturación de los distintos conceptos de consumo eléctrico. Este ritmo de crecimiento puede

evolucionar excesivamente veloz para la preparación del país o el territorio y se debe de tener en cuenta para los estudios.

- **Grado de participación de las fuentes energéticas** marca el posible camino a seguir. Esto se debe a los diferentes parámetros como son la disponibilidad y conocimiento del recurso, el interés en el aumento de participación dicho recurso o la posible distribución entre las fuentes de energía entre otros.

- **Las previsiones de los precios energéticos en los mercados internacionales** pueden ser a corto, medio o largo plazo abarcando entre unos días o llegando a 20 años. Las previsiones de precios de largo plazo tienen especial interés en el uso de los escenarios de penetración de producción renovable, especialmente la eólica y la fotovoltaica, siendo este el motivo de la importancia del parámetro.

- **La COVID-19** es un parámetro el cual surgió este año 2020 y va a tener una importancia tremenda ya que el virus afecta directamente a la producción, a la cadena de suministro y al mercado.

Estos efectos han tenido un mayor impacto en China debido a que allí se produjo el primer brote. En España, ha provocado una caída del PIB en torno al 8-9%. En términos interanuales, el consumo de los hogares mostró un retroceso del 25,7%, su mayor caída histórica y la inversión se hundió con una bajada interanual del 25,5%. Además las exportaciones retrocedieron un 38,6% respecto al segundo trimestre del 2019 y, por último, el empleo de la economía cayó un 21,4% respecto al trimestre anterior.

Todos estos datos nos informan del empeoramiento que en 2020 está sufriendo España por el COVID-19 y las dificultades que presenta. Por estos motivos es imprescindible el análisis de este parámetro para un correcto estudio económico, social y energético.

4. PLANIFICACIÓN Y PROSPECTIVA ENERGÉTICA EN ESPAÑA

En España se alcanzó una población cercana a los 47 millones de habitantes en el 2017, con una esperanza de vida de 83,3 años siendo la comunidad autónoma con mayor población es Andalucía con 8,4 millones de habitantes.

El PNIEC establece resumidos los principales objetivos para el año 2030 en España, siendo estos los siguientes:

- 23% de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) respecto a 1990.
- 42% de renovables sobre el uso final de la energía
- 39,5% de mejora de la eficiencia energética.
- 74% de energía renovable en la generación eléctrica.

En líneas generales, el PNIEC prevé para el 2030 una potencia instalada en el sector eléctrico de 157 GW, de los que 50 GW serán energía eólica, 37 GW solar fotovoltaica, 27 GW ciclos combinados de gas, 16 GW hidráulica, 8 GW bombeo, 7 GW solar termoeléctrica y 3 GW nuclear principalmente.

4.1. Objetivos del PNIEC

El principal objetivo es reducir las emisiones de GEI en un 20% con respecto a 1990 en una trayectoria con sentido para alcanzar la neutralidad climática en España en 2050. Para lograr dicho objetivo, utilizando como base el propio archivo (Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC)), se requiere conseguir una serie de objetivos operativos, los cuales son definidos en los siguientes puntos claves:

4.1.1. Descarbonización de la economía y avance de las renovables

El objetivo a largo plazo es convertir a España en un país neutro en carbono en 2050. Para ello el objetivo del Plan a medio plazo es lograr la disminución de emisiones de al menos el 20% respecto a 1990 en el año 2030. Las medidas adoptadas buscan alcanzar un nivel de reducción de emisiones del 23%, para el cual será necesario que el 42% del uso final de la energía proceda de energías renovables, lo cual incluye la empleada en el transporte, siendo de las mayores productoras de emisiones de GEI, además, el 74% de la generación eléctrica y el 31% en aplicaciones de calor y frío tengan un origen renovable.

4.1.2. Eficiencia energética

Se pretende alcanzar un nivel de eficiencia energética que contribuya al objetivo europeo del 32,5% de mejora de la eficiencia energética. Para lograrlo se requiere una mejora de la eficiencia en la energía primaria del 39,5% en 2030.

4.1.3. Seguridad energética

La diversificación del mix energético nacional, aumentar el uso de fuentes autóctonas, y suministrar energía segura, limpia y eficiente nos permitirá garantizar la seguridad del abastecimiento y acceso a los recursos necesarios. Estas actuaciones en el ámbito de las materias renovables y el crecimiento de la eficiencia energética disminuirán el grado de dependencia energética en el exterior del 74% en 2017 al 61% en 2030.

4.1.4. Mercado interior de la energía

Esta dimensión da respuesta a la necesidad de disponer un mercado de la energía más competitivo, transparente, flexible y no discriminatorio, con un alto grado de interconexión el cual fomente el comercio interior. Al mismo tiempo este mercado debe enfocarse en los consumidores y su protección, abordando las situaciones de pobreza energética.

4.1.5. Investigación, innovación y competitividad

En este punto se pretende alinear las políticas españolas con los objetivos perseguidos internacionalmente y por la Unión Europea.

4.2. Cambio climático y emisiones de GEI

El cambio climático es una amenaza mundial y sus efectos se están manifestando en la actualidad. Las proyecciones de las precipitaciones se prevé que tengan lugar episodios de lluvias más intensos y frecuentes en muchas regiones principalmente en el mediterráneo, con un previsible aumento de la variabilidad climática.

La región Mediterránea, y en concreto España, será una de las zonas terrestres que más sufrirá los efectos del cambio climático por lo que las medidas de adaptación serán cruciales. Sin embargo, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global será de vital importancia para la disminución del impacto en el territorio español.

4.3. Prospectiva española

Para analizar la situación española y la evolución se han utilizado los datos de la potencia instalada de energía eléctrica (MW) instalada en España y el objetivo para los próximos años siendo los siguientes:

Parque de generación del Escenario Objetivo (MW)			
Año	2020	2025*	2030*
Eólica	27968	40258	50258
Solar fotovoltaica	8409	23404	36882
Solar termoeléctrica	2303	4803	7303
Hidráulica	14109	14359	14609
Bombeo Mixto	2687	2687	2687
Bombeo puro	3337	4212	6837
Biogás	235	235	235
Geotérmica	0	15	30
Energías del mar	0	25	50
Biomasa	877	1077	1677
Carbón	10524	4532	0-1300
Ciclo combinado	27146	27146	27146
Cogeneración carbón	44	0	0
Cogeneración gas	4001	3373	3000
Cogeneración productos petrolíferos	570	400	230
Fuel/Gas	2790	2441	2093
Cogeneración renovable	491	491	491
Cogeneración con residuos	28	28	24
Residuos sólidos urbanos	234	234	234
Nuclear	7399	7399	3181
Total	113151	137117	156965

Tabla 1. Parque de generación del escenario objetivo. (Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC))

Con esta tabla se puede observar como las principales fuentes de energía a mejorar son la eólica y la solar fotovoltaica, donde entre ambas suman más de 50 GW de potencia instalada.

Además se puede apreciar como disminuye el consumo de energía proveniente de recursos fósiles, como se ve en el carbón, el cual tiene como objetivo quedarse en 2030 en el 12% del consumo actual. Aún con este dato, se puede ver como la producción en los 10 próximos años crecerá en torno a 44 GW.

Sin embargo existen 2 escenarios que se estudian en el PNIEC, el tendencial y el objetivo para el año 2030. Como sus nombres indican, el escenario tendencial muestra la posible capacidad instalada en el caso de no

variar el camino que ha seguido el país hasta la actualidad, en cambio, el objetivo muestra la meta a lograr por España en la próxima década.

		Escenarios (MW)	
Tecnología	2020	Tendencial 2030	Objetivo 2030
Eólica	27968	38033	50333
Solar fotovoltaica	8409	18921	39181
Solar termoeléctrica	2303	2303	7303
Hidráulica	14109	14109	14609
Bombeo Mixto	2687	2687	2687
Bombeo puro	3337	3337	6837
Biogás	235	211	241
Otras renovables	0	-	80
Biomasa	877	613	1408
Carbón	10524	2165	0-1300
Ciclo combinado	27146	29612	26612
Cogeneración	4615	2470	3670
Fuel y Fuel/Gas (Territorios No Peninsulares)	-	3708	1854
Residuos y otros	262	341	341
Nuclear	7399	7399	3181
Almacenamiento	0	-	2500
Total		122909	160837

Tabla 2. Escenarios tendencial y objetivo. España. (Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC))

En esta tabla se puede apreciar como existen tecnologías donde el camino seguido es similar al objetivo marcado, pero también se ve como en otras tecnologías ambos escenarios difieren en gran medida. Este dato muestra la gran mejora que se debe aplicar para lograrlo.

5. ESTRUCTURA Y POTENCIAL ENERGÉTICO DE ANDALUCÍA

En 2017, las energías renovables, se incrementaron un 4,8% en la Unión Europea y un 10,3% en Andalucía. Sin embargo, el petróleo continúa siendo la fuente energética más consumida, con una participación en Andalucía del 43,7%.

Unidad: Mtep	UE	España	Andalucía
Consumo de Energía Primaria	1674,9	128,6	19,4
Consumo de Energía Final	1162,2	88,5	13,0
Grado de Autoabastecimiento	44,9%	26,1%	18,4%

Tabla 3. Consumo de energía. (Datos energéticos de Andalucía 2018)

5.1. Estructura del consumo de energía primaria por fuentes

El peso del gas natural se ha incrementado en tanto en Andalucía (un 23,2%) como en la Unión Europea (21,3%), además, el carbón ha aumentado su cuota hasta el 12,9% en Andalucía, en cambio, en la Unión Europea se redujo un 13,9%.

El aporte a la matriz de consumo de energía primaria de las energías renovables disminuye en Andalucía, situándose en un 18,6%.

En Andalucía la aportación de la energía nuclear fue nula debido a la inexistencia de este tipo de generación.

Unidad: Mtep	UE	España	Andalucía
Carbón	228,4	13,4	2,5
Petróleo	582,1	56,1	8,5
Gas natural	398,4	27,4	4,5
Nuclear	210,7	15,2	0,0
Energías renovables	233,5	15,6	3,6
Otras	21,0	0	0
Saldo de energía eléctrica	0,9	0,8	0,3
Total	1674,9	128,6	19,4

Tabla 4. Consumo de energía primaria por fuentes. (Datos energéticos de Andalucía 2018)

En esta tabla se puede apreciar como en Andalucía el consumo de energía primaria de los recursos fósiles fue de un 80%, un porcentaje elevado para ser una región sin prácticamente este tipo de recursos.

Sin embargo, el porcentaje de la energía renovable consumida es del 18,6%, el cuál es un buen porcentaje en comparación con la Unión Europea y España, siendo del 13,9% y 12,1% respectivamente.

5.2. Consumo de energía primaria en 2018

El indicador relativo al grado de autoabastecimiento energético en Andalucía se redujo en 1,4 puntos porcentuales. Las fuentes renovables suponen casi la totalidad de los recursos propios con los que la comunidad cubre parte de su consumo de energía.

En 2018, el 17% de todo el consumo primario de energía se cubrió con recursos propios, procedentes casi en su totalidad de fuentes renovables y el resto de gas natural.

El consumo primario de petróleo y derivados en Andalucía prácticamente no ha variado, el petróleo sigue siendo la fuente que más aporta a la matriz de consumo, suponiendo el 44,2% en Andalucía del consumo total.

El gas natural, como segunda fuente de energía de mayor demanda, aportó el 22,4% al consumo de Andalucía. Sin embargo, en 2018 se registró una reducción del 4,6% respecto a 2017 en la comunidad autónoma.

Las energías renovables continuaron siendo la tercera fuente de consumo en Andalucía, a pesar de la reducción del 8,1% respecto al año anterior, siendo del 17,2% del consumo de energía primaria.

El consumo de carbón se incrementó en 2018 un 3,1%, un dato que se contrapone con el de la reducción registrada en España, siendo de un 33,1%.

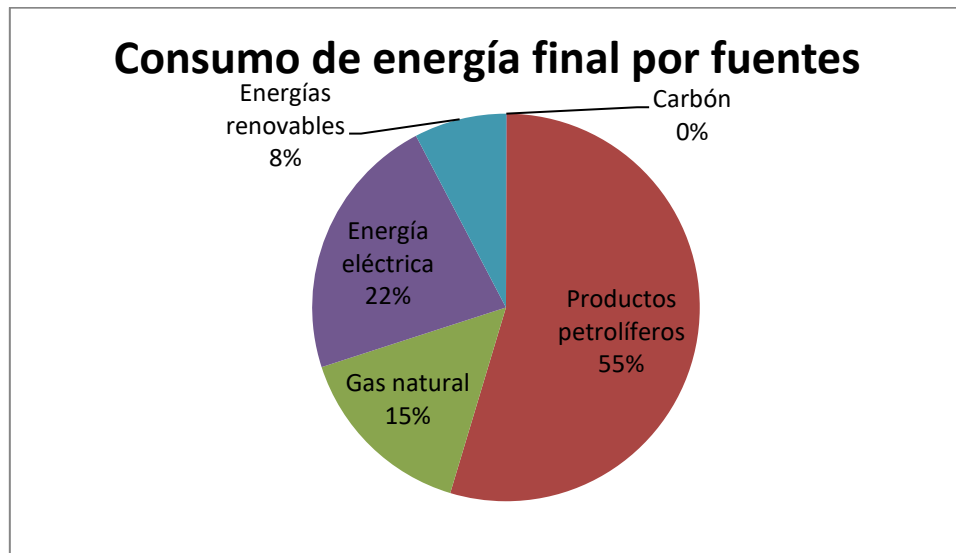
5.3. Consumo de energía final

Respecto al consumo de energía final, la demanda en la Unión Europea creció un 1,85%, siendo más notable en Andalucía de un 5,5%.

En 2017 todas las fuentes energéticas incrementaron su aporte energético, siendo además, los derivados del petróleo seguían siendo el recurso de más consumo de energía final en Andalucía, seguido por la energía eléctrica y el gas natural.

En Andalucía, el consumo total de energía final es de 13 Mtep, donde los productos petrolíferos representan el 54,9%, un porcentaje alto en comparación con el porcentaje europeo, siendo este del 41,3%. El peso del gas natural

supuso el 15%, porcentaje inferior al peso de la electricidad, siendo este del 22,6%. La participación de las renovables se situó en 7,4%. Sin embargo, la contribución del carbón fue muy baja, siendo del 0,06%. Gráficamente se puede ver en la siguiente imagen:



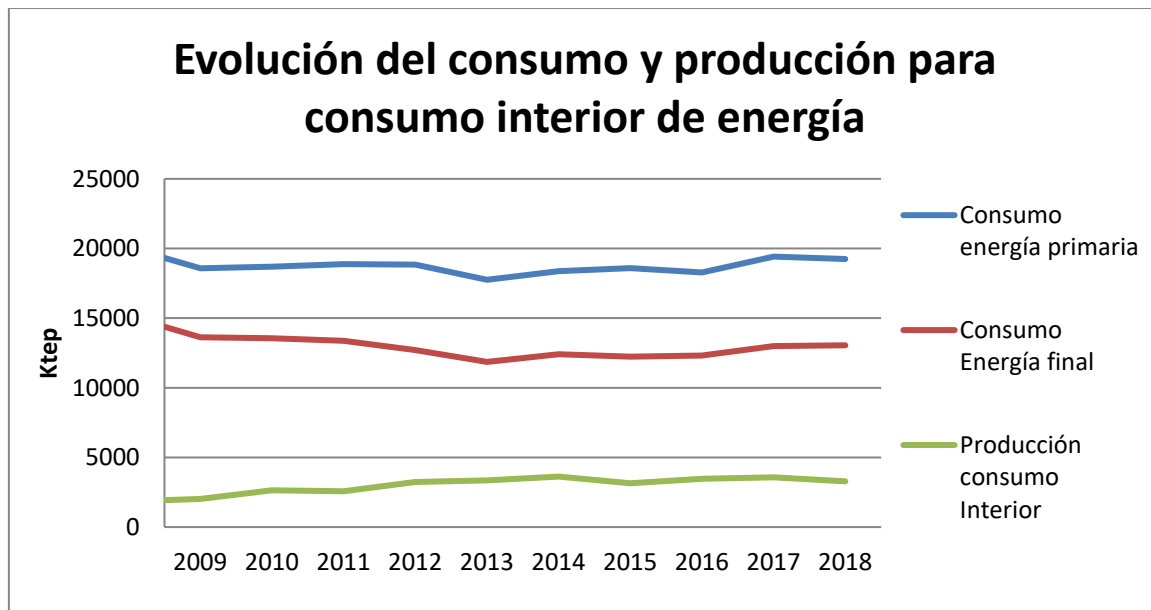
Gráfica 6. Consumo de energía final por fuentes. (Datos energéticos de Andalucía 2018)

Este consumo se dividió principalmente en industria y transporte, utilizando 3,9 y 5 Mtep respectivamente.

Por fuentes, en Andalucía el consumo de gas natural y energías renovables se redujo un 2,9% y 4,3% respectivamente y se incrementó el de la electricidad y derivados del petróleo un 1,5% y 1,6%, el carbón se mantuvo.

5.4. Situación energética de Andalucía

La evolución del consumo y producción nos permite ver el camino seguido en Andalucía en los últimos años, de esta manera se puede la situación energética de la comunidad autónoma.



Gráfica 7. Evolución del consumo y producción para consumo interior de energía. (Datos energéticos de Andalucía 2018)

Como se puede apreciar, el consumo de energía primaria se mantuvo constante en la última década, con valores cercanos a los 20.000 Ktep sin llegar a superar este valor.

En cuanto al consumo de energía final descendió 2.000 Ktep, sin embargo la producción del consumo interior creció cerca de un 80%.

Como resumen de la energía primaria, podemos usar la siguiente tabla:

Unidad: ktep	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Carbón	1.750,6	2.175,6	1.727,6	2.038,9	2.642,0	2.195,5	2.288,2	2.988,2	2.042,9	2.513,1	2.592,1
Petróleo	9.898,1	9.034,8	8.862,3	8.660,4	7.991,0	7.697,8	8.086,1	8.260,2	8.005,2	8.488,7	8.515,7
Gas natural	6.524,9	5.601,0	5.638,0	5.602,5	4.862,5	4.118,2	3.776,4	3.859,6	4.140,5	4.511,2	4.304,7
Energías renovables	1.606,5	1.813,8	2.384,7	2.661,3	3.296,5	3.391,9	3.668,1	3.172,5	3.497,7	3.608,5	3.314,7
Biomasa	1.266,7	1.155,8	1.409,8	1.437,4	1.647,9	1.387,1	1.629,3	1.176,5	1.377,4	1.396,8	1.395,2
Hidráulica	41,6	70,1	126,7	103,7	61,8	111,9	81,6	50,3	62,8	44,9	67,0
Eólica	214,4	375,7	510,1	538,0	495,8	603,9	557,5	549,6	608,1	621,4	540,6
Solar térmica	39,0	44,2	52,2	56,4	61,0	67,1	72,7	77,5	79,4	80,7	82,0
Solar Fotovoltaica	36,0	122,6	97,4	121,8	133,1	137,9	137,8	137,5	130,4	138,5	129,0
Termosolar	8,8	45,4	188,5	403,9	896,8	1.084,0	1.189,2	1.181,1	1.239,6	1.326,2	1.100,9
Saldo de energía eléctrica (imp.-exp.)	286,1	-48,6	76,0	-82,0	57,4	351,0	558,0	308,3	591,3	294,1	520,5
TOTAL	20.066,3	18.576,6	18.688,6	18.881,2	18.849,3	17.754,5	18.376,7	18.588,9	18.277,6	19.415,7	19.247,7

Tabla 5. Consumo de energía primaria. (Datos energéticos de Andalucía 2018)

En esta tabla podemos concluir con diferentes puntos como son:

- El uso de recursos fósiles como son el petróleo y el gas natural han descendido en los últimos años progresivamente, sin

embargo el uso de carbón muestra un claro aumento. En conjunto, el uso de recursos fósiles se redujo ligeramente.

- En cada una de las energías renovables mostradas en la última década han aumentado todas, cabe destacar la eólica, la solar fotovoltaica y la termosolar como las tecnologías que más han aumentado. En conjunto, el consumo de energía primaria de energías renovables ha aumentado un 106%.

En el ámbito del consumo de energía final, se utilizará como base la siguiente tabla:

Unidad: ktep	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Carbón	41,7	15,9	16,1	11,1	6,3	2,5	4,0	3,7	3,8	7,4	7,4
Petróleo	8.808,3	8.003,3	7.717,7	7.397,2	6.684,4	6.479,0	6.774,5	6.881,0	6.632,7	7.138,2	7.250,8
Gas natural	2.403,1	1.990,2	1.928,4	2.128,4	1.989,9	1.857,9	1.771,9	1.773,8	1.882,8	1.950,6	1.894,6
Energías renovables	750,6	682,3	910,6	938,9	1.068,1	716,8	1.103,7	763,6	946,1	960,7	919,7
Biomasa	613,5	471,5	629,7	607,2	643,0	514,5	875,1	518,2	685,8	665,0	567,4
Solar Térmica	39,0	44,2	52,2	56,4	61,0	67,1	72,7	77,5	79,4	80,7	82,0
Biocarburantes	98,0	166,7	228,7	275,4	364,0	135,2	155,9	167,9	180,8	215,1	270,4
Energía eléctrica	3.133,9	2.938,1	2.986,3	2.903,0	2.954,2	2.802,1	2.751,8	2.816,4	2.851,1	2.939,0	2.981,7
TOTAL	15.137,6	13.629,8	13.559,1	13.378,7	12.702,9	11.858,4	12.405,9	12.238,5	12.316,5	12.995,9	13.054,1

Tabla 6. Consumo de energía final. (Datos energéticos de Andalucía 2018)

En esta tabla se pueden sacar otras conclusiones como son:

- Un claro descenso de consumo de petróleo y gas natural, disminuyendo en total más de 2.000 ktep, lo cual es un cambio significativo.
- Dentro de las energías renovables se produjo un ligero descenso de energía en la biomasa, sin embargo, la solar térmica y en especial los biocarburantes aumentaron.
- La energía eléctrica prácticamente no varió desde el año 2009 hasta el 2018, rondando los 2.950 ktep.

5.4.1. Transporte sostenible

Otro punto a tener en cuenta es el transporte, debido a que en Andalucía es la actividad de mayor demanda.

Actualmente supone el 38% de la energía consumida en los sectores finales de consumo y es en un 63% responsable de las emisiones de CO₂. Los desplazamientos motorizados por carretera suponen más del 80% del consumo total del transporte.

Para reducir el impacto se han tomado una serie de medidas y recomendaciones, entre estas medidas la principal es utilizar combustibles alternativos como la electricidad o biocombustibles.

Biocarburantes

En España el consumo de biocarburantes llegó a 1.728 ktep en 2018, lo que hizo que alcanzase el tercer puesto entre los países más consumidores, de los cuales 1.568 ktep corresponden al biodiésel y el resto al bioetanol, según la información de la agencia andaluza de la energía (Los Biocarburantes en Andalucía, 2018).

Los principales biocarburantes tanto a nivel internacional como nacional son:

- Bioetanol, definido como alcohol etílico producido a partir de productos agrícolas o de origen vegetal.
- Biodiesel, éster metílico o etílico producido a partir de grasas de origen vegetal o animal.
- Hidrobiodiésel (HVO), en inglés Hydrotreated Vegetable Oil, un hidrocarburo resultante del tratamiento de aceites vegetales o grasas animales con hidrógeno.

Andalucía cuenta con 13 plantas de biocarburantes operativas, siendo la comunidad líder en España en producción de biocarburantes. Sin embargo dicha capacidad se planificó en condiciones muy favorables para el desarrollo del sector, debido a este motivo, la capacidad de producción está sobredimensionada y su consumo actual es muy inferior al esperado.

Además, se están realizando investigaciones para el desarrollo y producción de biocombustibles de segunda y tercera generación. Siendo de segunda generación los combustibles fabricados a partir de varios tipos de biomasa y de tercera generación los biocombustibles obtenidos de aprovechar plantas acuáticas.

Vehículo eléctrico

El vehículo eléctrico es la otra herramienta básica para reducir las emisiones de CO₂ en el ámbito del transporte existiendo varios tipos de vehículos eléctricos:

- BEV - Coche eléctrico de batería: Son coches totalmente eléctricos propulsados por motores eléctricos que son alimentados por un paquete de baterías, en su gran mayoría de iones de litio.

- HEV - Coche híbrido eléctrico: Estos combinan un motor de combustión interna con motores eléctricos.
- PHEV - Coche híbrido enchufable: Cuentan con un motor de combustión interna y motores eléctricos así como baterías de iones de litio. A diferencia de los anteriores, estos deben de ser enchufados a la red eléctrica para recargar de forma rápida.
- FCEV - Coche eléctrico de pila de combustible: Este tipo de vehículo hacen uso del hidrógeno a modo de carburante para generar la corriente eléctrica.
- MHEV - Coche eléctrico semihíbrido: Cuentan con un motor de combustión interna como eje central y el motor eléctrico proporciona un par extra para mejorar la respuesta del tren de potencia.

El parque estimado total de vehículos eléctricos, según la página web (Aedive) en España en 2019 se cifra en torno a 76.000 vehículos, sin embargo, el objetivo para el año 2030 se cifra en 5.000.000 vehículos.

Este objetivo para el final de la década es ve lejano ya que aún queda mucho camino para recorrer y más viendo los números de ventas del año 2019:

Matriculaciones de vehículos eléctricos en España en 2019: 24261

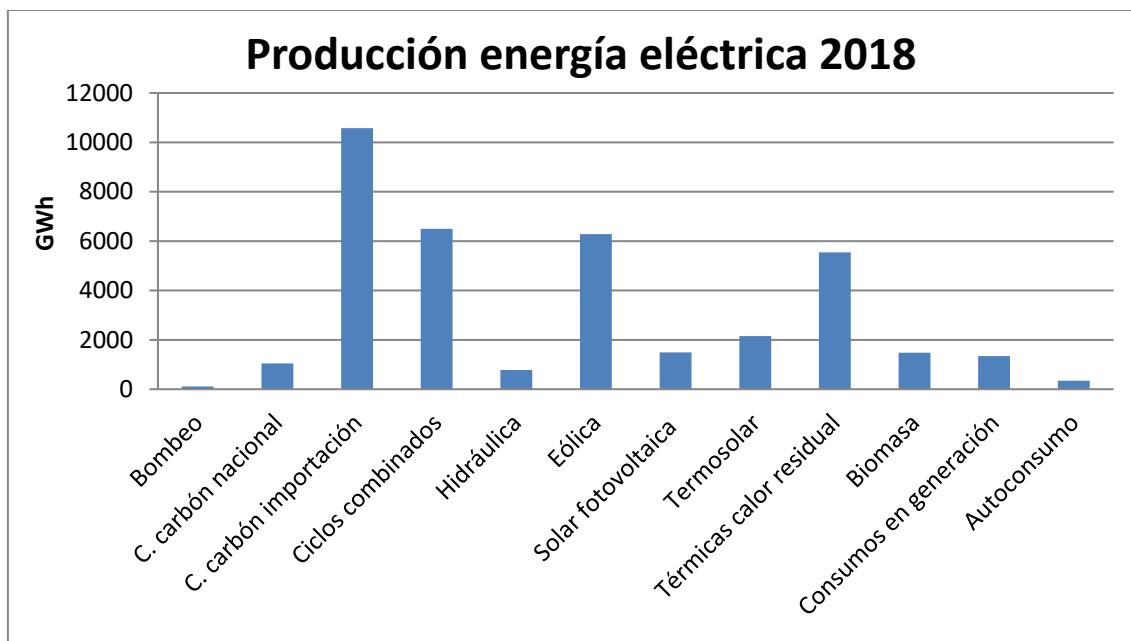
Matriculaciones de híbridos enchufables en España en 2019: 7427

Este ritmo muestra la imposibilidad de llegar o al menos acercarse a la meta, pero hay que destacar el constante aumento en el ritmo de ventas de estos vehículos, debido a la inversión en el desarrollo de estos vehículos.

Para transicionar a un sistema de transporte sostenible, es imprescindible reducir el uso del petróleo, este aspecto es totalmente necesario para lograr dicho objetivo.

5.5. Balance de energía eléctrica 2018

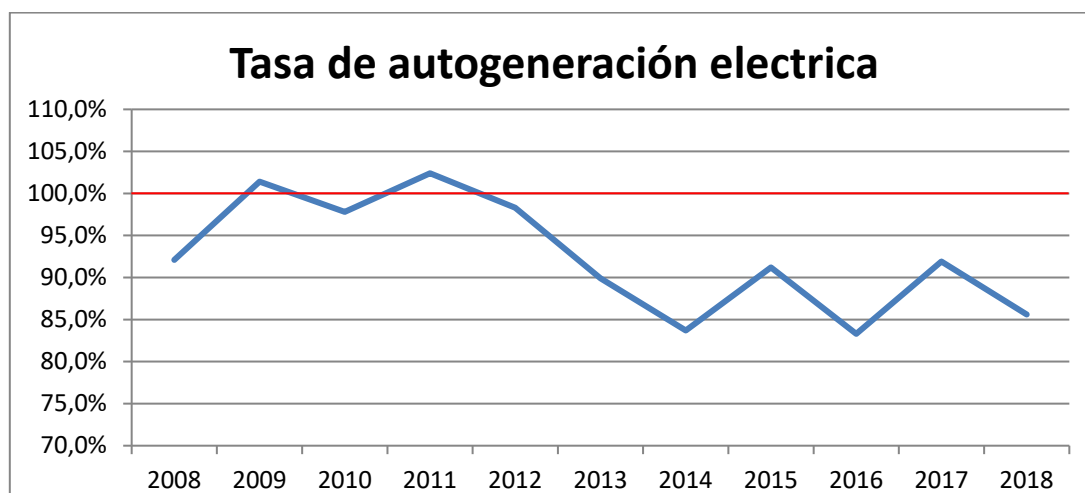
La energía eléctrica producida durante el 2018 en Andalucía fue:



Gráfica 8. Producción de energía eléctrica en 2018. (Datos energéticos de Andalucía 2018)

En esta gráfica se ve como la mayor parte de la energía producida proviene de centrales de carbón de importación, ciclos combinados y eólica. La energía total producida en la comunidad autónoma fue de 35953,9 GWh.

La demanda energética bruta supuso 42005,9 GWh, de los cuales el saldo por intercambio de energía eléctrica fue de unos 6000 GWh.



Gráfica 9. Evolución de la tasa de autogeneración eléctrica. (Datos energéticos de Andalucía 2018)

Como se puede apreciar, la autogeneración en Andalucía se situaba cerca del 100% durante el inicio de la década pero en los últimos años cayó hasta el 90-85%.

Estos valores de autogeneración se debieron a la potencia instalada, siendo en 2018 de 15.728,8 MW, de los cuales, la potencia renovable supuso cerca de un 40%.

	2018 (MW)	2018 (%)
No renovables	9625	61,2%
Bombeo	570	3,6%
Centrales de carbón nacional	324	2,1%
Centrales de carbón importado	1748	11,1%
Ciclos combinados	6037	38,4%
Cogeneración	894,7	5,7%
Residuos	51,3	0,3%
Renovables	6103,8	38,8%
Biomasa	228	1,4%
Biogás	24,9	0,2%
Eólica	3324,4	21,1%
Hidráulica	620,7	3,9%
Océano térmica	4,5	0,0%
Solar fotovoltaica conectada	887,6	5,6%
Termosolar	997,4	6,3%
Solar fotovoltaica aislada	9,5	0,1%
Eólica aislada	0,3	0,0%
Biogás aislado	6,7	0,0%

Tabla 7. Potencia instalada en Andalucía en 2018. (Datos energéticos de Andalucía 2018)

En esta tabla se puede ver como los principales aportes de potencia provienen de los ciclos combinados, la energía eólica y las centrales de carbón importado.

Sin embargo, como se ha visto previamente esta potencia solo abastecía el 85,6% y teniendo en cuenta el constante aumento de la necesidad energética y la más que necesaria transición a adoptar un camino marcado por el PNIEC, Andalucía debe desarrollarse y las energías renovables son las herramientas.

5.6. Infraestructuras energéticas

Andalucía cuenta con unas infraestructuras energéticas de considerables dimensiones considerando la superficie y número de habitantes de la comunidad.

El mapa del sistema de infraestructuras energéticas de Andalucía se muestra en la siguiente imagen:

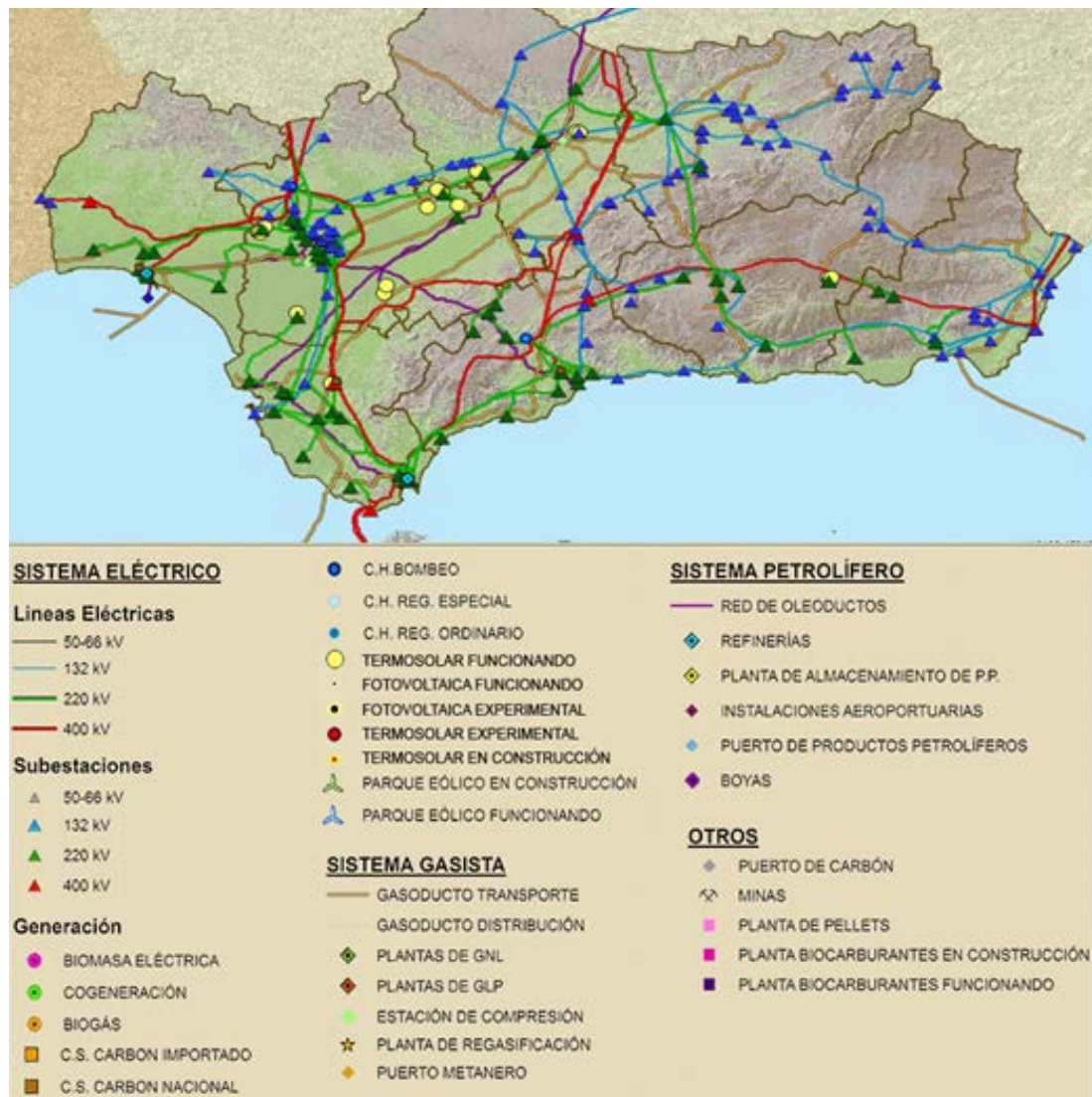


Ilustración 1. Mapa de infraestructuras energéticas de Andalucía. (Agencia Andaluza de la Energía)

El sistema de infraestructuras energéticas de Andalucía está basado en:

- Energía eléctrica: compuesta por las redes de transporte y distribución, instalaciones de generación y conexiones eléctricas internacionales.

Andalucía dispone en la actualidad de una infraestructura que da cobertura a las necesidades de su demanda, con un balance generación/consumo muy equilibrado.

El mercado eléctrico andaluz está marcado por diferentes actores como son productores, transportista, distribuidores, comercializadores, consumidores, gestores de carga, operador del mercado y operador del sistema.

- Sistema gasista: planta de regasificación, almacenamiento y puerto de descarga, estaciones de compresión, estaciones de regulación y

medida, redes de transporte y distribución y conexiones internacionales (gaseoductos).

Andalucía es una región estratégica como punto de entrada de gas natural en el sistema gasista. Además, en Palos de la Frontera se sitúa la mayor planta de recepción, almacenamiento y regasificación de GNL de España.

Los principales actores del mercado gasístico son los productores, transportistas, distribuidores, comercializadores, consumidores y gestor técnico del sistema.

- Productos petrolíferos: puertos de descarga y almacenamiento, refinamiento y transformación en energía, redes de transporte (oleoductos) y puntos de distribución.

El petróleo llega hasta Andalucía a través de 5 puntos de carga y descarga, en la siguiente ilustración se puede ver la estructura del sistema petrolífero en Andalucía.



Ilustración 2. Sistema petrolífero Andaluz. (Agencia Andaluza de la Energía)

Además de estas infraestructuras, Andalucía cuenta con el Centro de Evaluación y Seguimiento Energético de Andalucía (CESEA), esta infraestructura es una herramienta gestionada por la Agencia Andaluza de la Energía. El CESEA tiene cuatro objetivos básicos:

- El seguimiento en tiempo real del suministro eléctrico en Andalucía.
- El análisis de la información de las redes para prevenir riesgos en el suministro y detectar las actuaciones necesarias que garanticen y mejoren la calidad de suministro.
- El control y seguimiento de planes de actuación para afrontar situaciones de alta demanda.
- El asesoramiento en materia energética para la planificación territorial, ambiental, el acceso a red.

5.7. Potencial energético de Andalucía

En Andalucía existen diferentes tecnologías implantadas para generar energía en la comunidad, siendo estas las que abastecen el suministro en cierta medida.

Según un estudio de la Agencia Andaluza de la Energía, se cifra en 300.000 MW el potencial de recursos renovables de la comunidad autónoma. Los cuales se repartirían de la siguiente manera:

Tecnología	Porcentaje
Proyectos fotovoltaicos	81%
Proyectos eólicos	8,2%
Proyectos termosolares	6,3%
Eólica marina	3,5%
Proyectos biomásicos	0,6%

Tabla 8. Reparto del potencial energético. (Agencia Andaluza de la Energía)

Sin embargo, para ver el futuro energético en Andalucía, se puede ver la evolución de la comunidad autónoma para las principales fuentes energéticas y así ver su posible recorrido además de la disponibilidad de la tecnología y su arraigo en la comunidad.

Para analizar el potencial se ha procedido a estudiar cada una de las tecnologías disponibles:

5.7.1. Carbón

Unidad: ktep	Producción para consumo interior	Grado de autoabastecimiento
2008	273,4	15,6%
2009	241,7	11,1%
2010	262,1	15,2%
2011	0	0%
2012	0	0%
2013	0	0%
2014	0	0%
2015	0	0%
2016	0	0%
2017	0	0%
2018	0	0%

Tabla 9. Evolución del grado de autoabastecimiento energético del carbón. (Agencia Andaluza de la Energía)

Durante los primeros años del siglo, el carbón tuvo cierta relevancia, sin embargo, a partir del año 2011 no se explotaron las minas de carbón ya que este recurso escasea en Andalucía, además de la producción de CO₂ asociada a dicha explotación.

Desde el 2006, el único sector de actividad con un consumo de carbón significativo es la industria.

Por provincias, el consumo de carbón en 2018 fue mínimo, siendo Sevilla la única ciudad reseñable con un 73% del consumo de la comunidad autónoma.

A pesar de la nula explotación de carbón, si existe una gran potencia instalada proveniente del carbón. En relación al potencial, en Andalucía existen 10 centrales térmicas, de las cuales 3 son de carbón y cerrarán próximamente o ya han cerrado.

Centrales térmicas en Andalucía			
Central térmica Litoral de Almería *	Carboneras	Almería	Carbón
Central térmica de Arcos	Arcos de la Frontera	Cádiz	Gas N.
Central térmica Bahía de Algeciras	San Roque	Cádiz	Gas N.
Central térmica Campo de Gibraltar	San Roque	Cádiz	Gas N.
Central de ciclo combinado de San Roque	Cádiz	Cádiz	Gas N.
Central térmica de Los Barrios *	Los Barrios	Cádiz	Carbón
Central térmica de Puente Nuevo *	Espiel	Córdoba	Carbón
Central térmica Cristóbal Colón	Huelva	Huelva	Gas N.
Central térmica de Palos de la Frontera	Palos de la Frontera	Huelva	Gas N.
Central térmica de Campanillas	Málaga	Málaga	Gas N.

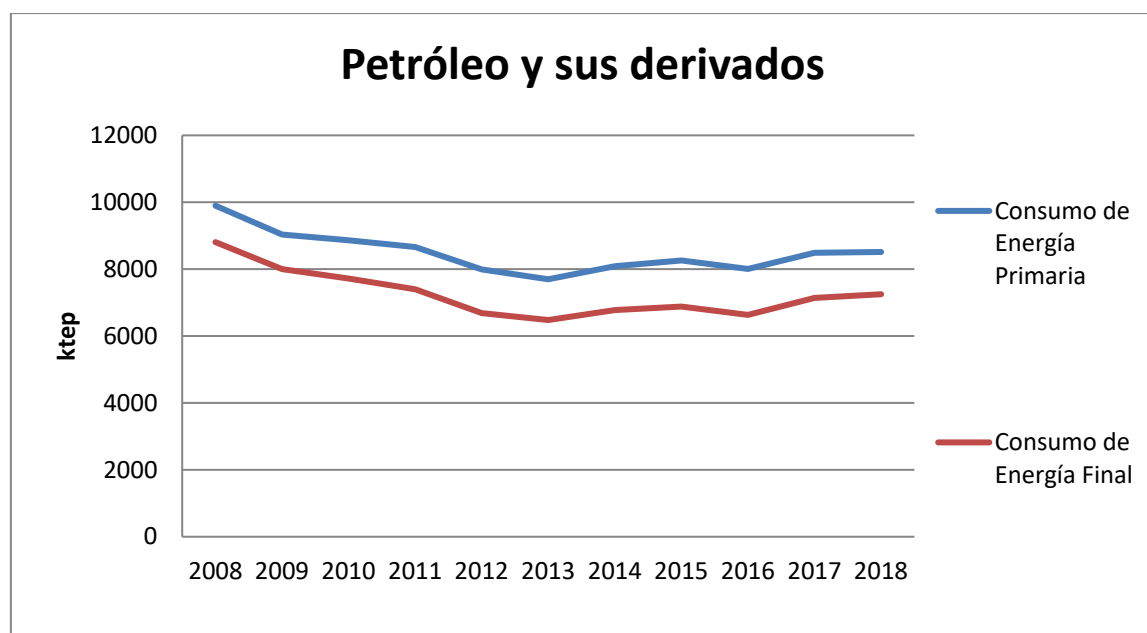
Tabla 10. Centrales térmicas en Andalucía. *Las centrales cerradas actualmente o próximamente. (Agencia Andaluza de la Energía)

Con lo que el potencial en este ámbito es muy bueno, pudiendo eliminar una gran potencia instalada y el consumo de carbón.

5.7.2. Petróleo y sus derivados

El consumo primario de petróleo y derivados aumentó en 2018. La participación continuó siendo elevada, en torno a un 44%.

Respecto a los distintos productos petrolíferos, aumentaron el consumo de gasolinas, gasóleos y GLP.

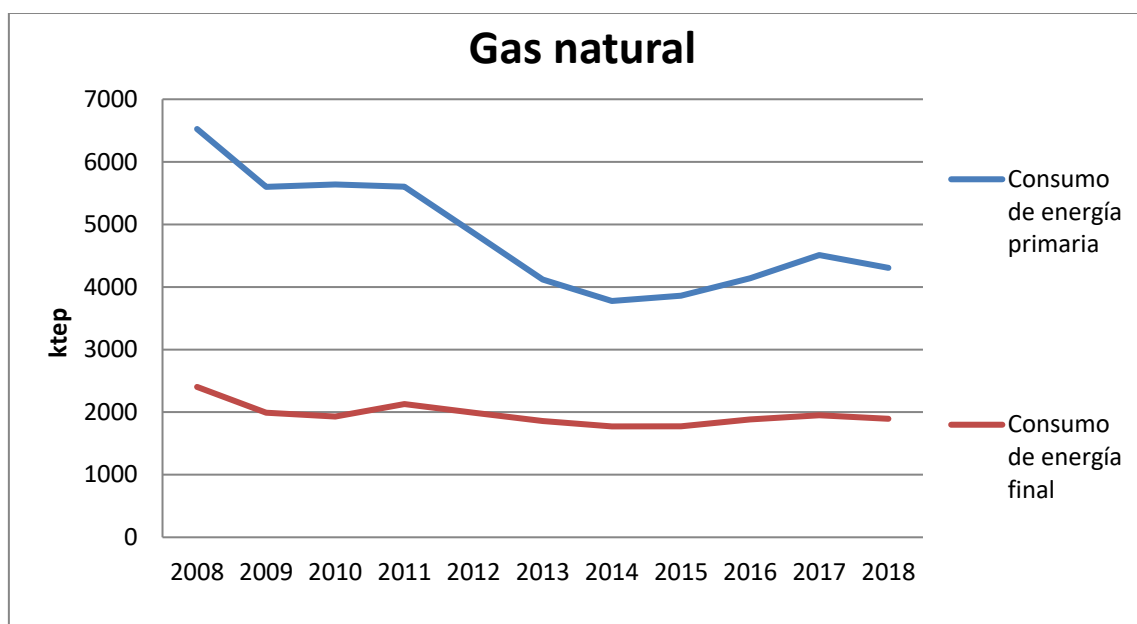


Gráfica 10. Petróleo y sus derivados en Andalucía. (Agencia Andaluza de la Energía)

Respecto al consumo de productos petrolíferos en los distintos sectores, el transporte y el sector primario son los que más aumentaron su porcentaje de consumo.

5.7.3. Gas natural

El gas natural es la segunda fuente de energía más demandada en Andalucía, sin embargo redujo su consumo en 2018 un 4,6% situándose en 4.304,7 ktep, suponiendo un 22,4% del consumo total de energía primaria de la comunidad. Esto fue debido a una menor generación de energía eléctrica en los ciclos combinados a gas.



Gráfica 11. Consumo de gas natural. (Agencia Andaluza de la Energía)

El consumo final se redujo un 2,9% en 2018, este descenso fue generalizado excepto en el sector residencial, donde aumentó un 9,1%.

La industria sufrió la mayor reducción del consumo en 2018, de 50,6 ktep. El consumo en el sector servicios registró un descenso del 7,9% y en los sectores primario y transporte del 4,6%.

El grado de autoabastecimiento energético de gas natural en Andalucía, debido a la escasa cantidad del recurso, es bajo.

Unidad: ktep	Producción para consumo interior	Grado de Autoabastecimiento
2008	15,4	0,2%
2009	13,6	0,2%
2010	57,1	1,0%
2011	50,6	0,9%
2012	57,7	1,2%
2013	55,4	1,3%
2014	23,1	0,6%
2015	9,4	0,2%
2016	6,3	0,2%
2017	6	0,1%
2018	7,7	0,2%

Tabla 11. Evolución del grado de autoabastecimiento energético de gas natural en Andalucía. (Agencia Andaluza de la Energía)

Con esta tabla se puede ver como en los últimos años de la década el grado de autoabastecimiento no superó el 0,2%. Este dato es mínimo para el consumo de gas natural de Andalucía, el cual por sectores, es el siguiente:

Unidad: ktep	2018
Industria	1432,2
Transporte	5,6
Primario	160,4
Servicios	130,9
Residencial	165,5

Tabla 12. Consumo de gas natural por sectores de actividad en Andalucía en 2018. (Datos energéticos de Andalucía 2018)

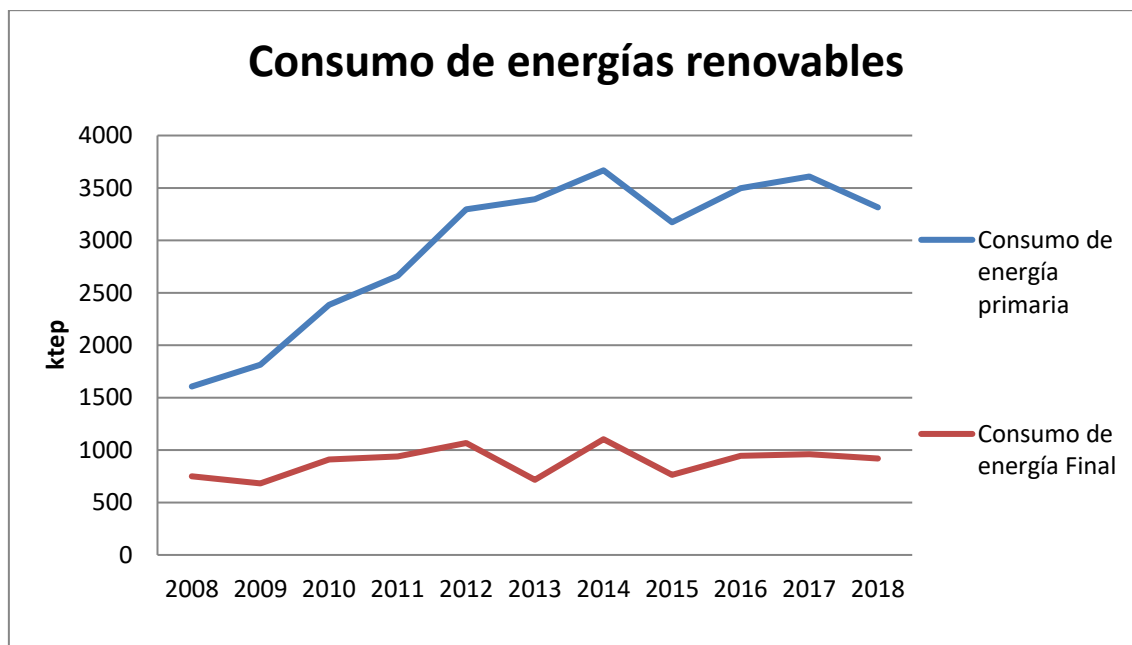
La industria fue el sector que más energía necesitó con un 75,6% del consumo total.

5.7.4. Energías renovables

El consumo de energía primaria procedente de fuentes renovables se redujo un 8,1% en 2018. Esta reducción se produjo debido a la menor generación eléctrica con termosolar y eólica. Las energías renovables aportaban el 17,2% de la energía primaria total consumida en Andalucía.

La biomasa seguía siendo la fuente que más aporta al total de consumo de energía primaria renovable (42,1%), seguida por la energía solar con un 39,6%.

El conjunto del consumo de energías renovables durante los años anteriores se puede ver en la siguiente gráfica mostrando la tendencia:



Gráfica 12. Consumo de energías renovables. (Agencia Andaluza de la Energía)

El consumo de energía final sufrió un leve incremento en la última década, sin embargo el crecimiento del consumo de energía primaria es mayor, llegando a duplicarse.

Unidad: ktep	2018
Biomasa	1031,3
Biogás	93,5
Biocarburantes	270,4
Hidráulica	67,0
Eólica	540,6
Solar térmica	82,0
Solar Fotovoltaica	129,0
Termosolar	1100,9
Total	3314,7

Tabla 13. Consumo primario de energías renovables en 2018. (Datos energéticos de Andalucía 2018)

En 2018 las principales tecnologías que aportaron una mayor cantidad de energía fueron la termosolar y la biomasa, seguidas de la eólica.

Por sectores, cerca del 89% de la energía renovable producida se repartió entre la industria, el transporte y el uso residencial.

Las principales energías renovables cuyo potencial es mayor son:

- Eólica

Junto con la solar fotovoltaica son las 2 tecnologías con más expectativas debido a su competitividad y ser de las energías más limpias.

Con el objeto de aumentar la potencia eólica instalada en Andalucía y mejorar la calidad de estas instalaciones para conseguir un máximo aprovechamiento energético se considera de gran importancia impulsar el conocimiento del recurso eólico a nivel regional.

Desde la Agencia Andaluza de la Energía, en colaboración con la Universidad de Jaén, se ha desarrollado el mapa de recurso eólico terrestre en Andalucía. Esta herramienta está basada en una serie de simulaciones de viento con un modelo meteorológico, y permite estimar el potencial eólico existente en Andalucía.

Para el análisis del emplazamiento se utilizan mapas eólicos como el siguiente:

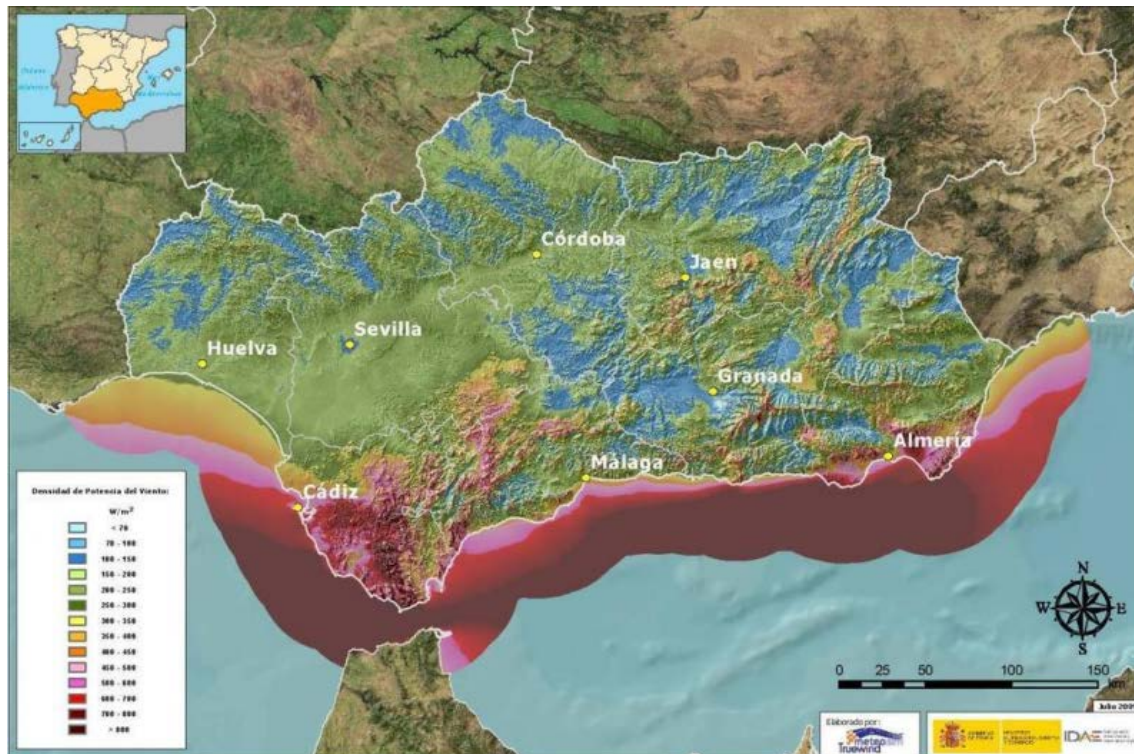


Ilustración 3. Mapa eólico de Andalucía 2009. (IDAE)

En la ilustración se puede observar como el valle del Guadalquivir y el campo de Gibraltar son las zonas más óptimas en Andalucía en cuanto a recurso eólico. Sin embargo, Andalucía es una de las comunidades con un ratio menor de potencia instalada frente a superficie, por lo que el margen de mejora es elevado.

- Solar fotovoltaica

Esta tecnología en Andalucía es muy importante debido a la alta energía proveniente del sol respecto a España o Europa. La radiación solar global que llega a España se puede ver en la siguiente imagen:

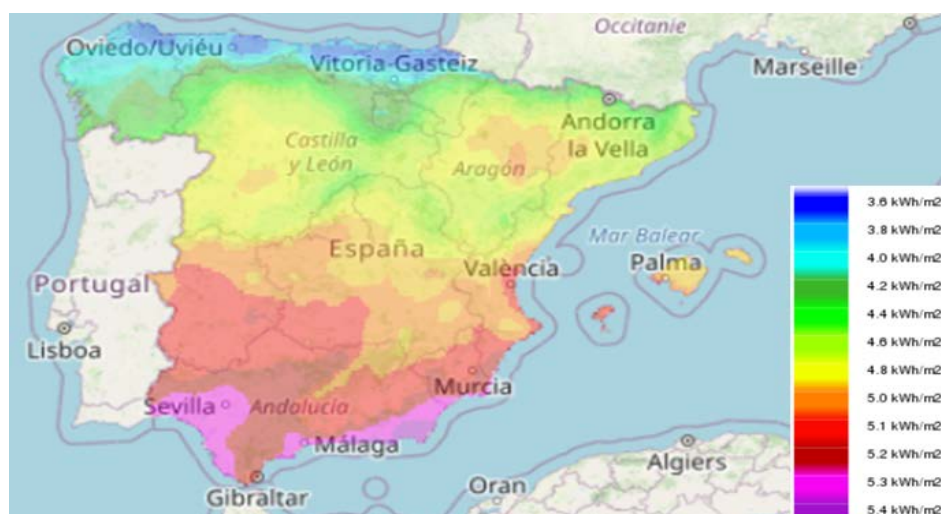


Ilustración 4. Mapa de la radiación solar en España. (Acceso a datos de radiación solar de España)

Ampliando la información de la Comunidad andaluza, se obtiene el siguiente mapa:

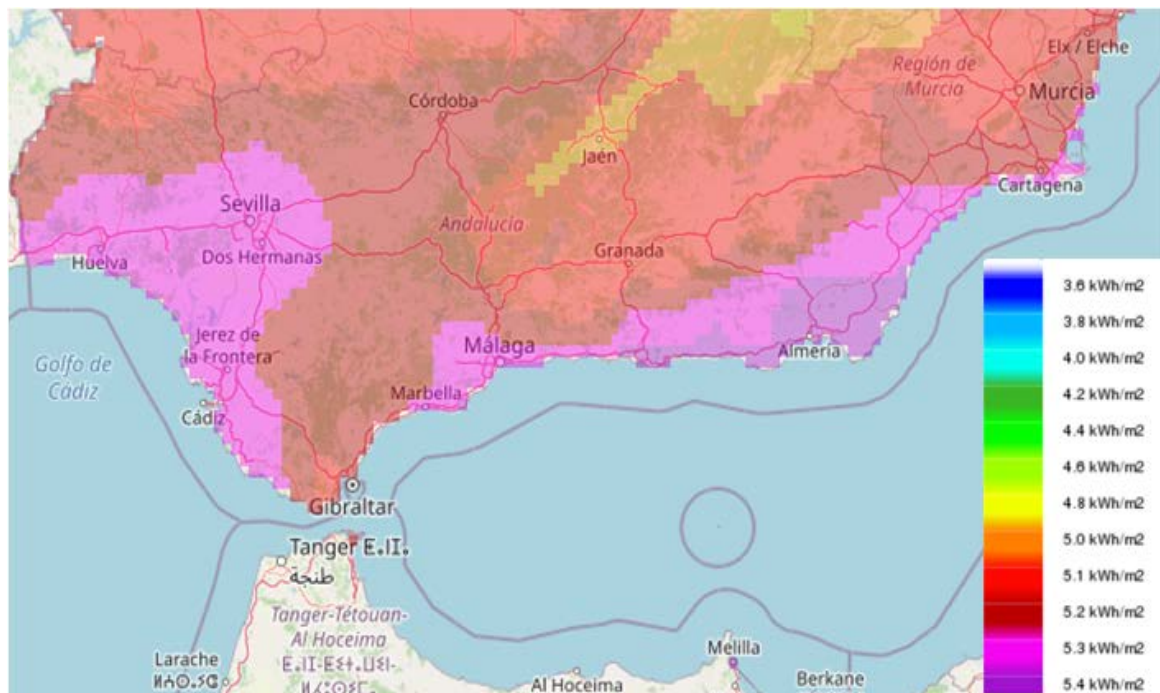


Ilustración 5. Mapa de la radiación solar en Andalucía. (Acceso a datos de radiación solar de España)

En este mapa se puede apreciar como Andalucía los niveles de radiación son muy altos, lo cual indica el potencial con esta tecnología.

- Energía solar térmica

La energía solar de uso térmico es otra tecnología útil para la disminución del consumo de energía primaria y de emisiones de CO₂ ya que se usa para abastecer la demanda energética en edificios e industria, existiendo la posibilidad de transformar esta energía en electricidad o directamente calentar líquidos o gases.

Como se vio previamente la radiación solar en Andalucía es muy elevada y convierte a la energía solar térmica una tecnología a tener en cuenta. En 2019 el porcentaje de potencia termosolar instalada en Andalucía es del 43 % con respecto a la total en España y cuenta con una radiación solar un 13 % superior. El objetivo en España es triplicar la potencia termosolar para el año 2030.

- Hidráulica

En Andalucía las centrales existentes se muestran en la siguiente imagen:

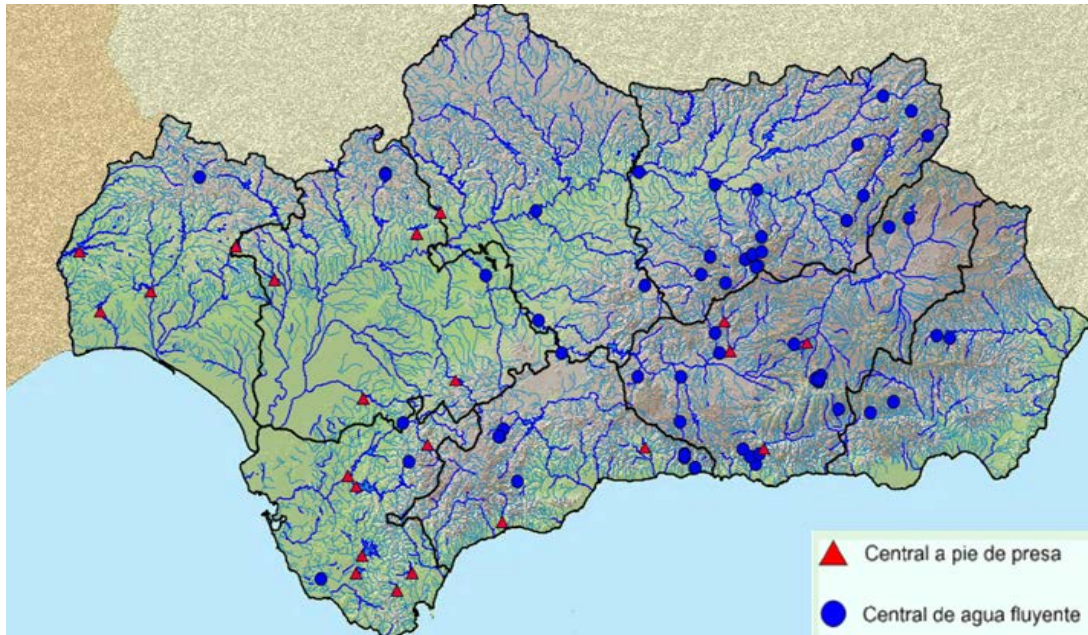


Ilustración 6. Mapa de centrales hidráulicas en Andalucía. (Junta de Andalucía)

En Andalucía la mayor cantidad de centrales son de agua fluyente y se sitúan en torno a los Sistemas Béticos.

Las centrales de bombeo puro tienen un margen de mejora mayor, ya que debido a su poca implantación actualmente. Esto permite que este margen sea posible siendo este de unos 600 MW en Andalucía.

- Geotérmica

El potencial geotérmico ofrece información sobre los yacimientos de este recurso. Los yacimientos de alta temperatura pueden aprovecharse para generar electricidad mediante un ciclo similar al utilizado en las centrales eléctricas convencionales.

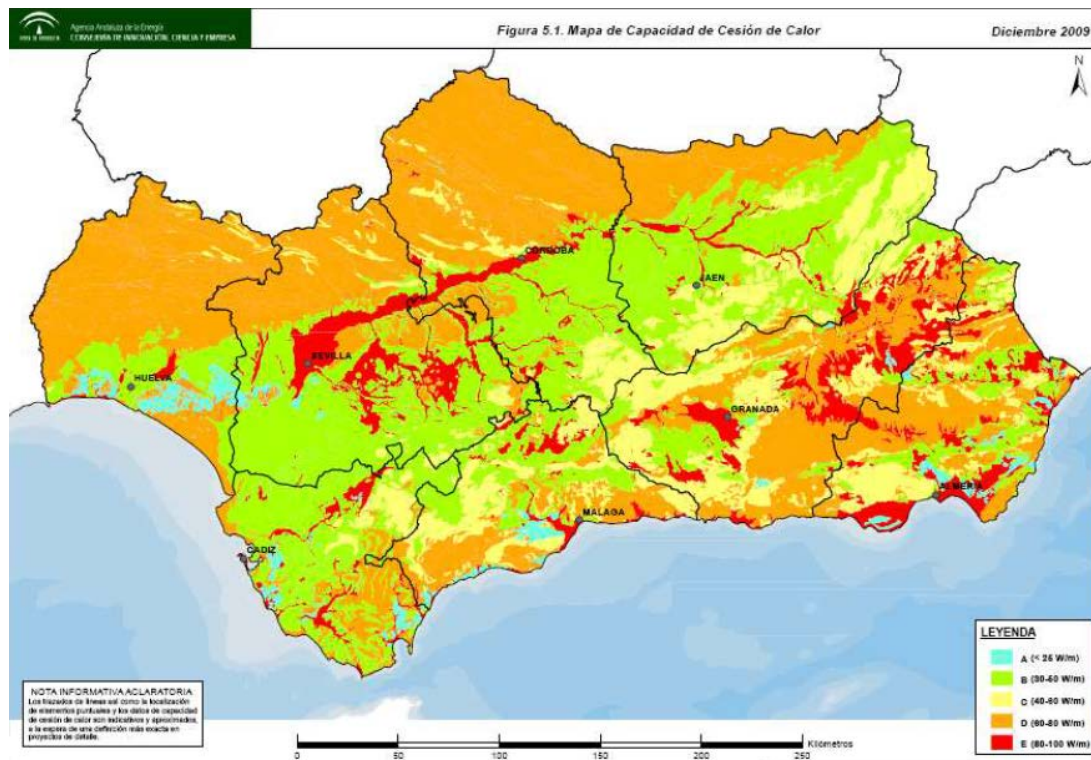


Ilustración 7. Mapa geotérmico de Andalucía. (Agencia Andaluza de la Energía)

En esta ilustración se ve la energía disponible en la comunidad autónoma, estando repartida en las zonas montañosas, en cambio en el valle del Guadalquivir se puede apreciar como la energía es menor.

- Energías del mar

Las energías del mar son la eólica marina, la fuerza mareomotriz y undimotriz. El potencial de la energía marina de Andalucía, según un estudio de la Agencia Andaluza de la Energía, es de 12 MW para el año 2030.

- Biomasa

La biomasa no puede llegar a abastecer la necesidad energética debido a su principal problema, la dispersión del recurso, a pesar de esto sí puede ser la base de una economía energética basada en las fuentes renovables.

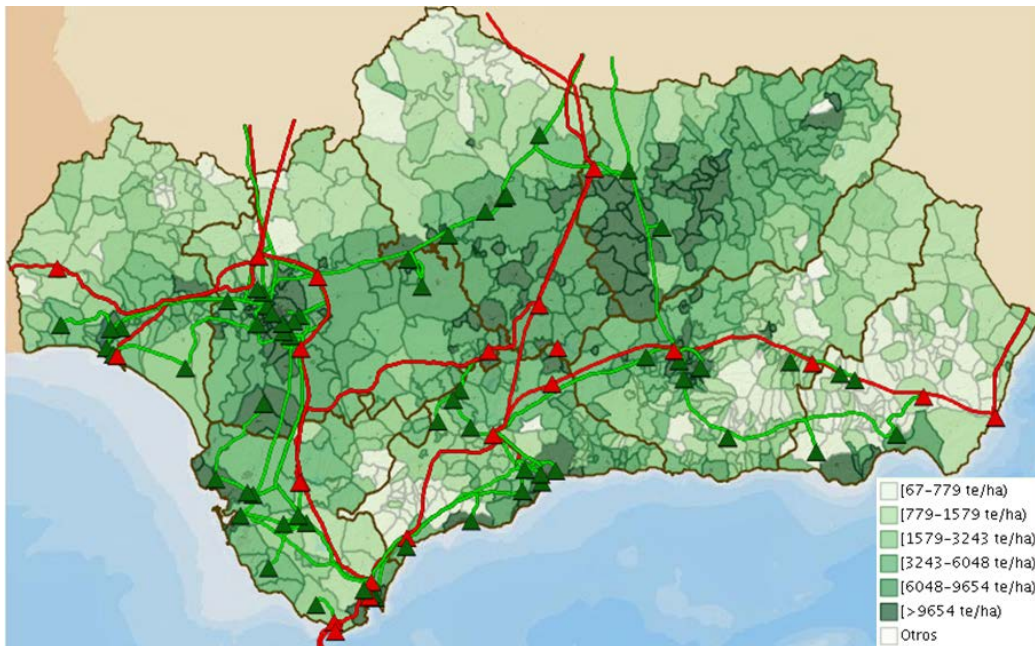
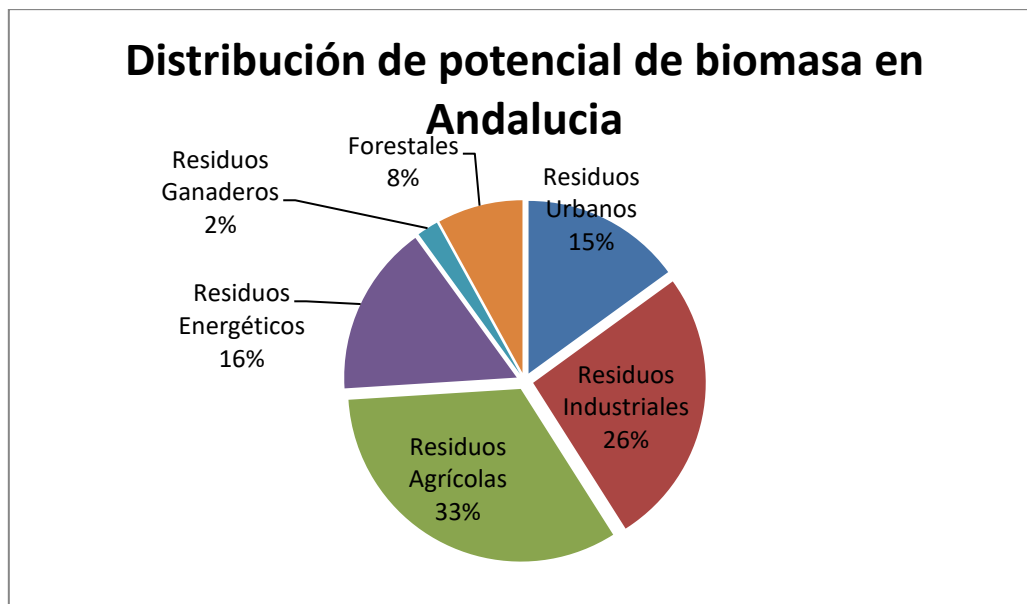


Ilustración 8. Potencial biomásico de Andalucía. (Junta de Andalucía)

Este recurso se sitúa principalmente en la zona del río Guadalquivir debido a las condiciones atmosféricas y el propio río.

En cuanto a la distribución del potencial de biomasa en Andalucía se reparte de la siguiente manera:



Gráfica 13. Distribución del potencial de biomasa en Andalucía. (Intelec)

El principal potencial de esta tecnología sería la mejora en la eficiencia del transporte y su almacenamiento.

6. PLANIFICACIÓN Y PROSPECTIVA ENERGÉTICA EN ANDALUCÍA

La planificación para llevar a cabo esta evolución hacia las metas propuestas por la Unión Europea para España es de vital importancia y para Andalucía debe ser un planteamiento similar. La planificación es tan importante como la misma ejecución.

Para ello, es necesaria una planificación global además de una individual para lograr la meta. Además cabe destacar que la prosperidad energética nos muestra el futuro de la comunidad, el cuál no tiene por qué ser similar al potencial de cada tecnológica.

Para realizar una planificación se pueden utilizar diversos métodos y criterios dependiendo de cuáles pueden ser los que den un resultado más real.

Para la Agencia Andaluza de la Energía, la transición en la comunidad es necesaria y debe estar basada en la descarbonización en la economía e implantar una gestión de la demanda sostenible, eficiente y limpia.

La Unión Europea está buscando reducir la contribución al calentamiento global y a garantizar el suministro energético fiable y sostenible para asegurar la transición energética de manera óptima. Andalucía está trabajando en todos los sectores para contribuir a lograr dicho objetivo.

Para lograrlo, Andalucía desarrolló la Estrategia Energética 2020 y Andalucía Horizonte 2050, siendo ambos informes planteamientos con los cuales se buscó el camino más óptimo hacia la transición energética para los años 2020 y 2050 respectivamente.

Además, en este punto se va a realizar una propuesta inicial como base para una posterior planificación andaluza como para la comparación con la planificación actual de la Junta de Andalucía.

6.1. Estrategia Energética 2020

El documento de la Estrategia Energética de Andalucía 2020 fue aprobado en 2015 en Consejo de Gobierno.

La comunidad Autónoma asumió la responsabilidad de afrontar la transformación del sistema energético buscando hacerlo más eficiente, descarbonizado y diversificado, lo cual se lograría con eficiencia energética y energías renovables.

Objetivos y programas de actuación

Los objetivos a lograr en 2020 por dicho documento fueron los siguientes:

Estrategia Energética de Andalucía 2020	Reducir un 25% el consumo tendencial de energía primaria
	Aportar con energías renovables el 25% del consumo final bruto de energía
	Autoconsumir el 5% de la energía eléctrica generada con fuentes renovables.
	Descarbonizar en un 30% el consumo de energía respecto al valor de 2007
	Mejorar un 15% la calidad del suministro energético

Tabla 14. Estrategia Energética de Andalucía 2020. (Estrategia Energética de Andalucía 2020)

Para lograr estos objetivos se desarrollaron 2 planes de acción.

En el *Plan de Acción 2016-2017* se tomaron medidas destinadas a fomentar la generación de energía eléctrica para autoconsumo, la mejora de la eficiencia energética y un mayor uso de las energías renovables.

El *Plan de Acción 2018-2020* buscó continuar con las medidas propuestas en el plan anterior y además dar un impulso al desarrollo de proyectos renovables.

6.2. Andalucía Horizonte 2050

Además de la Estrategia Energética de Andalucía 2020, la Agencia Andaluza de la Energía presenta el proyecto (Andalucía Horizonte 2050).

Este proyecto establece como objetivos conseguir la descarbonización del sector energético andaluz, basándose en el ahorro y la eficiencia energética y buscar un gran aumento de la energía proveniente de los recursos renovables.

Este objetivo tiene en cuenta el paso intermedio en el año 2030, vinculado conforme a las Conclusiones del Consejo Europeo sobre el ámbito de la actuación de clima y energía, el cual trata una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero del 40% respecto al año 1990 y una cuota de energías renovables del consumo total del 27%.

Horizonte 2050 encauza las políticas energéticas de Andalucía hasta la culminación de una transición energética, este plan es iniciado hacia un modelo energético respetuoso con el medio ambiente, más seguro, económico y

generador de riqueza para la región. Por lo que el objetivo final es un sistema energético descarbonizado, sostenible y generador de riqueza.

Además otro punto a tener en cuenta es la inviabilidad de continuar con el modelo energético basado en los combustibles fósiles. Sin embargo su agotamiento, el cambio climático y la necesidad de preservarlas nos obliga a la transición energética.

Para el año 2050 se espera un aumento de la población mundial hasta llegar a los 9.000 millones de personas y el crecimiento sostenido de la economía de naciones superpobladas como China e India, muestran la necesidad de un suministro energético creciente y en principio será a cabo con recursos fósiles. Esto influye negativamente en la transición energética que se pretende llevar a cabo.

Además el uso intensivo de energía fósil provoca una fuerte presión al medio ambiente lo cual provoca que debemos centrarnos aún más en las energías renovables.

Andalucía quiere evitar el uso de recursos agotables debido a que cada vez son más caros, escasos y contaminantes, también la región cuenta con recursos renovables considerables como para ser la base de la energía generada por la comunidad.

Para ello se pusieron en marcha diferentes planes como el Plan Energético de Andalucía (PLEAN 2003-2006) y el Plan de Sostenibilidad Energética de Andalucía (PASENER 2007-2013) donde el año 2007 supuso un punto de inflexión en la política energética andaluza, donde se buscó un incremento notable de las energías renovables y la reducción de las emisiones de CO₂ principalmente.

Como continuación para lograr estos objetivos se estableció Andalucía Horizonte 2050, siendo este plan la culminación de la transición energética comenzada a principio de siglo.

Este sistema energético se basa en que cada miembro tenga una alta capacidad de generar y gestionar su consumo y haya una interconexión entre todos, asegurando un funcionamiento sostenible, seguro y estable. Los aspectos tecnológicos claves son:

- Sistemas de alta eficiencia de generación que utilicen fuentes renovables, los cuales se adapten a la demanda existente.

- Almacenamiento óptimo de energía para una mejor gestión de la misma.
- Transporte sostenible, basado en electricidad o nuevos carburantes como son los biocarburantes o carburantes sintéticos.
- Un sistema inteligente el cual relacione óptimamente la demanda, eficiencia y generación.

Principales bases para alcanzar la descarbonización en 2050

Para lograr este objetivo, la base del esfuerzo debe ser la mejora de la eficiencia energética que se consume, se busca una economía dinámica pero con una intensidad energética pequeña. Siendo la mejora de la comunicación el primero de los ejes de Andalucía Horizonte 2050.

En el horizonte del año 2050 deben coexistir tecnologías muy eficientes pero para ello se debe apostar por desarrollo continuo. El uso de tecnologías eficientes e innovadores será el segundo eje.

El tercer eje será el impulso de actuaciones a lo largo de este periodo de tiempo. Esta transición se necesita ir adaptando ya al cambio con normativas o puesta en marcha de proyectos innovadores.

Todos los ejes están marcados con un factor común como es la ciudadanía, la base para avanzar en cada uno de los ejes principales del proyecto. La ciudadanía con sus acciones puede llegar a producir un cambio el cual se necesita para llegar a un punto óptimo en el camino energético que se busca.

6.3. Propuesta inicial de planificación

En este estudio se ha realizado una posible planificación para obtener una información base y poder comparar con la realidad andaluza.

En este caso se ha utilizado como base el PNIEC y se ha realizado el balance para saber la potencia a instalar en la siguiente década.

	Año 2030 [MW]	Año 2019 [MW]	Balance [MW]
Eólica	50258	26959,4	23298,6
Solar FV	36882	7698	29184
Solar TE	7303	2302,4	5000,6
Hidráulica	14609	14108	501
Bombeo mixto	2687	2687	0
Bombeo Puro	6837	3337	3500
Biogás	235	232,6	2,4
Geotérmica	30	0	30
Energías del mar	50	0	50
Biomasa	1677	837	840
Carbón	0-1300	10681,4	-9481,4
Ciclo combinado	27146	27223	-77
Cogeneración carbón	0	44	-44
Cogeneración gas	3000	4011,8	-1011,8
Cogeneración productos petrolíferos	230	573	-343
Fuel/gas	2093	2790	-697
Cogeneración renovable	491	499,8	-8,8
Cogeneración con residuos	24	28,4	-4,4
Residuos sólidos urbanos	234	234	0
Nuclear	3181	7399	-4218
Total	156967	111645,8	46521,2

Tabla 15. Extrapolación energética para España. (Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC))

El mayor protagonismo de esta tabla lo tienen las tecnologías eólicas y solar fotovoltaica ya que entre ambas se debe buscar instalar más de 50.000 MW, en contraposición se encuentran las centrales de carbón, donde se deben reducir casi hasta su eliminación.

Se ha realizado una extrapolación de la potencia a instalar en Andalucía teniendo en cuenta parámetros como son el PIB de la comunidad, la población, la superficie y el consumo energético.

Para desarrollar esta extrapolación se han definido los pesos específicos de cada uno de los parámetros, además, junto a los pesos, se obtuvieron los valores porcentuales de Andalucía con respecto a España:

	Superficie	PIB	Consumo energético	Población
Peso	50 %	30 %	10 %	10 %
Porcentaje	17,25 %	12,90 %	15,10 %	17,99 %

Tabla 16. Pesos y porcentajes para los parámetros del análisis energético andaluz

El peso de cada parámetro se ha determinado según la importancia que se le puede dar en el sector energético, donde se ha considerado que la extensión y el poder económico son las principales características para determinar el reparto por regiones.

Con estos criterios se realizó la matriz de decisión y como resultado se escogió la suma ponderada de esta extrapolación la cual se muestra en la siguiente tabla junto con la potencia a instalar o eliminar en España:

	España [MW]	Andalucía [MW]
Eólica	23298,6	3682,13
Solar FV	29184	4612,27
Solar TE	5000,6	790,30
Hidráulica	501	79,18
Bombeo mixto	0	0,0
Bombeo Puro	3500	553,14
Biogás	2,4	0,38
Geotérmica	30	4,74
Energías del mar	50	7,90
Biomasa	840	132,75
Carbón	-9481,4	-1498,45
Ciclo combinado	-77	-12,17
Cogeneración carbón	-44	-6,95
Cogeneración gas	-1011,8	-159,91
Cogeneración productos petrolíferos	-343	-54,21
Fuel/gas	-697	-110,16
Cogeneración renovable	-8,8	-1,39
Cogeneración con residuos	-4,4	-0,70
Residuos sólidos urbanos	0	0,0
Nuclear	-4218	-666,62
Total	46521,2	7352,25

Tabla 17. Comparación del objetivo energético español con la estimación andaluza para 2030

En esta estimación se debe de tener en cuenta que existen tecnologías en las cuales se debe aumentar la potencia instalada y otras en las que se debe ir reduciendo la potencia como son las que producen energía a través de recursos fósiles.

En total en Andalucía se deben generar en total unos 7350 MW, para lo cual es necesario implantar cerca de 10.000 MW de renovables eliminando 2500 MW del resto de tecnologías, principalmente de carbón.

Sin embargo, esta tabla debe ser reajustada, ya que existen diversas limitaciones que deben tenerse en cuenta, como por ejemplo la imposibilidad

de eliminar energía nuclear ya que en Andalucía no hay ninguna planta nuclear. Con esta consideración y el reajuste realizado la tabla quedaría de la siguiente manera:

	Final [MW]
Eólica	4050,35
Solar FV	5073,49
Solar TE	869,33
Hidráulica	87,10
Bombeo mixto	0,00
Bombeo Puro	608,46
Biogás	0,42
Geotérmica	5,22
Energías del mar	8,69
Biomasa	146,03
Carbón	-2050
Ciclo combinado	-400
Cogeneración carbón	-6,954
Cogeneración gas	-160
Cogeneración productos petrolíferos	-54,21
Fuel/gas	-110,2
Cogeneración renovable	-1,4
Cogeneración con residuos	-0,695
Residuos sólidos urbanos	0
Nuclear	0
Total	8065,57

Tabla 18. Extrapolación ajustada para Andalucía

Con este ajuste se propone un ligero aumento de la potencia instalada en Andalucía, además se ha propuesto rebajar aún más la potencia generada por tecnologías relacionadas con los recursos fósiles como son el carbón o los productos petrolíferos.

Como se ha mencionado previamente, las principales tecnologías a tener en cuenta son la eólica, la solar fotovoltaica y el carbón, siendo las 2 primeras las principales tecnologías a desarrollar en Andalucía según esta propuesta. En cambio el carbón produce una gran potencia en España y Andalucía y según esta planificación debe de realizarse una importante reducción.

Otras tecnologías ya están implantadas y los márgenes de mejora no son tan elevados, la energía hidráulica, por ejemplo, la mejora necesaria es leve, siendo de 500 MW en España.

Por otro lado existen tecnologías más modernas, las cuales no están implantadas y aunque no se requiere una gran implantación, si pueden comenzar a aportar potencia eléctrica.

Esta planificación muestra una posibilidad para un camino energético que cumple con las características marcadas por la Unión Europea y reduce parte de las emisiones de CO₂.

6.4. Planificación andaluza

Andalucía aspira a instalar un mínimo de 25.650 MW de energías renovables, el 45% de los 57.000 previstos por el PNIEC hasta el 2030. Un estudio.

Sin embargo, la Agencia Andaluza de la Energía advierte en este análisis de que la actual capacidad eléctrica disponible de la comunidad autónoma es de solo 4531 MW, por lo que el Gobierno considera imprescindible acometer inversiones que doten a Andalucía de una red de transporte capaz de evacuar la energía generada por los proyectos renovables.

La potencia de 25.650 MW que se pretende instalar en la comunidad autónoma sobrepasaría la estimación prevista para la planificación ejemplo previamente realizada.

Además se han realizados estudios de la Agencia Andaluza de la Energía que muestran un potencial de hasta 300.000 MW de recursos renovables.

El futuro de la comunidad autónoma pasa por, como se vio previamente, en energía fotovoltaica principalmente (81%), a pesar de este dato y debido a la gran potencia a instalar cada tecnología renovable será importante.

En primer lugar se ha procedido a estudiar las fuentes no renovables dejando para el final las energías renovables:

- Carbón

La transición energética está propiciando el cierre de las centrales de carbón como medida necesaria hacia un modelo energético descarbonizado.

Nombre	Municipio	Provincia	Potencia	Fecha de cierre
Central térmica de Los Barrios	Los Barrios	Cádiz	567 MW	2021 (Previsión)
Central térmica de Puente Nuevo	Espiel	Córdoba	324 MW	Junio 2020 (Ya cerrada)
Central térmica Litoral de Almería	Carboneras	Almería	1159 MW	2021 (Previsión)

Tabla 19. Centrales térmicas de carbón en Andalucía de próximo cierre. (El País)

Con esta medida se reduciría la potencia instalada en 2050 MW, lo cual cubriría la potencia que se debe eliminar en la próxima década.

Además existen otras 7 centrales térmicas que también pueden ser eliminadas, sin embargo estas son de gas natural.

- Ciclos combinados

En Andalucía existen 7 centrales de ciclo combinado las cuales suman una potencia de 6037 MW. En este caso la reducción necesaria según la propuesta inicial es mínima siendo cercana a 12 MW, sin embargo se reajustó buscando una reducción de al menos 400 MW ya que esta potencia se puede sustituir con otras provenientes de energías renovables y no sería una reducción significativa.

Municipio	Potencia (MW)
San Roque	799
Arcos de la Frontera	1619
San Roque	781
Palos de la Frontera	1188
Huelva	398
Málaga	421
San Roque	831
Total	6037

Tabla 20. Potencia instalada en Andalucía. (Agencia Andaluza de la Energía)

El combustible usado es el gas natural. La energía térmica producida en su combustión es transformada en energía eléctrica mediante dos ciclos sucesivos: primero en la turbina de gas y el segundo en la de vapor.

En este caso se debe buscar una leve reducción en la potencia instalada, sin embargo no existen noticias sobre este hecho.

- Centrales de bombeo

Estas centrales aprovechan la energía mecánica del agua para mover un grupo turbina-alternador que la convierte en energía eléctrica.

Existen 2 centrales de bombeo en Andalucía:

	Central	Localidad	Potencia [MW]
Bombeo	Guillena	Guillena	210
	Tajo	Ardales	360

Tabla 21. Centrales de bombeo en Andalucía. (Agencia Andaluza de la Energía)

Esta potencia se verá aumentada gracias al grupo Villar Mir Energía consiguió la concesión para una central de bombeo en los municipios granadinos de Vélez de Benaudalla y El Pinar de 356 MW y una inversión de 300 millones.

- Cogeneración y fuel/gas

Andalucía consta de 3 plantas de generación eléctrica con residuos no renovables con una potencia total de 51,29 MW, de los cuales se debe reducir 0,7 MW.

Una de ellas está localizada en un yacimiento de gas, con una potencia eléctrica instalada de 2,7 MW.

Por otro lado, las otras 2 plantas de generación son a partir de aceites derivados de productos petrolíferos, con una potencia total de 48,57 MW.

Andalucía dispone de 87 instalaciones con tecnología de cogeneración que suman una potencia total instalada de 894,69 MW compuesto de la siguiente manera:

Fuente de energía	Potencia instalada [MW]	Potencia a reducir según la propuesta inicial [MW]
Gas Natural	700,48	159,91
Gas de refinería	57,0	54,21
Gasóleo	20,04	110,16
Fuel Oil	105,65	
Total	894,69	324,28

Tabla 22. Potencia instalada en cogeneración y por fuel/gas. (Agencia Andaluza de la Energía)

Con esta tabla se puede apreciar como el margen para obtener la meta extrapolada del PNIEC es posible.

- Energías renovables

En el ámbito de la energía eólica, tras seis años de ralentización debido a la coyuntura regulatoria, el sector ha tomado de nuevo impulso, poniéndose en marcha 6 nuevos parques que suman un total de 124 MW.

La empresa de electricidad Naturgy inauguró una nueva planta de energía eólica construida en el municipio de San Martín del Tesorillo (Cádiz). Este parque eólico tiene una potencia de 26 MW. (Naturgy - San Martín del Tesorillo, 2020)

El grupo Iberdrola, anunció un plan de inversiones millonarias de energías renovables donde duplicará su potencia instalada en parques eólicos y fotovoltaicos con más de 1.100 MW nuevos. Este plan es especialmente ambicioso en Málaga, pues implica la construcción de un nuevo parque eólico de 36 MW y varios fotovoltaicos que sumarán otros 210 MW. (Triguero, 2019)

El plan de inversión de Iberdrola en energías renovables en España prevé la instalación de 3.000 MW nuevos hasta 2022 y 10.000 MW nuevos en 2030. (Noceda, 2019)

En cuanto a la energía fotovoltaica, Andalucía también muestra avances como por ejemplo son las numerosas solicitudes (431) para instalar parques fotovoltaicos. Su ejecución supondría triplicar la actual potencia eléctrica renovable instalada en la comunidad, ya que pondría en carga otros 18.000 MW. (Pereira, 2019)

En especial cabe destacar la planta fotovoltaica de Cabrera Solar que comenzó a construirse a finales del año 2019 con una potencia de 200 MW. (El parque solar más grande de Andalucía tendrá 200 megavatios de potencia y 2.000 horas de sol, 2020)

Además, la Junta ha recibido otros proyectos para instalar en Andalucía parques eólicos con una potencia de 1.518 MW y plantas termosolares con 998 MW, entre otros.

Sin embargo, las noticias de estas inversiones no cesan debido a la gran cantidad de recursos renovables disponibles en la comunidad. Por ejemplo, en septiembre de 2020 existen inversiones como el fondo de inversión Foresight Solar junto con Shell han sellado la adquisición de un proyecto fotovoltaico de 26,1 MW en Gibrleón (Huelva) que funcionará en 2021. (Montoro, 2020)

Esta operación muestra un hecho claro cómo es que la pandemia no ha parado el boom del sector solar en Andalucía.

Estas noticias, entre otras, muestran el continuo progreso andaluz en el sector de las energías renovables en la actualidad, donde es evidente su gran crecimiento.

Esta imponente potencia presenta un gran problema, la Red Eléctrica Española se desbordaría, de hecho, actualmente en Andalucía existen 32 nudos saturados que no disponen de capacidad para conectar nuevos proyectos y otros 6 estarían en fase de saturación.

7. ANÁLISIS DE LOS ESCENARIOS INTERNACIONALES

No cabe duda de que el mundo va camino a un aumento de necesidades energéticas y con el uso de recursos fósiles a un aumento de dióxido de carbono, este problema de futuro nos atañe a toda la población y para solucionarlo se deberá trabajar en presente aunque ya puede que vayamos retrasados.

Vivimos en una era de transiciones revolucionarias las cuales marcarán el futuro:

- Cambio cualitativo en el uso energético: Los países en vías de desarrollo están ingresando a su fase más intensiva de energía de crecimiento económico a medida que se industrializan, construyen infraestructura e incrementan el uso del transporte.
- El suministro energético luchará para mantener el ritmo: El crecimiento de la producción de petróleo y gas de fácil acceso no alcanza la tasa de crecimiento de la demanda. Aunque el carbono abunda en muchos lugares del mundo, la problemática del transporte y la degradación medioambiental ponen el límite al crecimiento.
- Aumento de las tensiones ambientales: La trayectoria de las emisiones de CO₂ podría amenazar gravemente el bienestar del ser humano. Incluso con el uso moderado del combustible fósil y la gestión eficaz del CO₂, constituiría un desafío.

Para tener una idea de cómo puede ser el futuro en este ámbito se han creado 2 escenarios que describen los hechos que podrían suceder, aunque cabe destacar que ambos son un desafío y posible y ninguno es ideal. (Shell)

7.1. Escenario Scramble

También conocido como Inercia, este escenario trata de continuar con el modelo actual de tal manera que no se toman acciones hasta que las provisiones de recursos fósiles se acaban y las consecuencias climáticas son graves.

Las presiones inmediatas llevan a los responsables de la toma de decisiones a asegurar el suministro de energía en un futuro próximo. En este escenario es significativo el crecimiento en carbono y biocombustibles debido al continuo crecimiento de la población mundial y por lo tanto el continuo crecimiento de la demanda energética.

Se pospone tratar el cambio climático y no se priorizan acciones para aumentar la eficiencia energética. La política de acción sobre la demanda no se atiende hasta que las limitaciones del suministro ya son llamativas.

La política medioambiental no es verdaderamente abordada hasta que acontecimientos climatológicos importantes dan origen a las respuestas políticas necesarias. Estos acontecimientos generan respuestas tardías y rigurosas a las presiones emergentes que dan como resultado picos de los precios energéticos e inestabilidad.

La tasa de crecimiento del CO₂ atmosférico se moderó al final del período, la concentración se encuentra en una trayectoria a largo plazo muy superior a 550 ppmv.

Este escenario muestra diferentes aspectos muy importantes a tener en cuenta como son:

7.1.1. Temor y seguridad

Los gobiernos nacionales centran sus políticas energéticas en instrumentos de suministro, porque poner freno al crecimiento de la demanda energética no es el principal objetivo político. Por la falta de cooperación internacional existe una serie de mandatos e incentivos nacionales no coordinados para desarrollar los suministros energéticos locales.

Este escenario muestra un mundo de acuerdos entre los consumidores y los productores de energía, donde los gobiernos nacionales compiten entre sí por condiciones de suministro o el acceso a sus compañías energéticas mejores.

La globalización agrava las tensiones dentro de las naciones y entre ellas y distrae a los responsables de la toma de decisiones de la necesidad de tomar medidas y enfrentarse a los retos del cambio climático y de la energía.

Los principales poseedores de recursos se convierten en los responsables de crear las normas y utilizan su creciente poder en el mundo para influenciar en las políticas.

Existen grandes diferencias en el plano económico y energético de los países. Los países en vías de desarrollo buscan conseguir la energía necesaria para ascender en la jerarquía económica, mientras que los países ricos luchan para adoptar modelos de consumo de energía para mantener sus estilos de vida existentes.

La seguridad energética de los países requiere la cooperación mutua, la cual está sujeta a los lazos económicos y políticos entre ellos. Sin embargo, los problemas que surgen son tratados lenta e ineficazmente debido a la debilidad de las instituciones multilaterales.

A pesar de todo esto, durante el primer cuarto de siglo se espera que el desarrollo económico mundial sea constante.

7.1.2. Trayectoria hacia el carbono

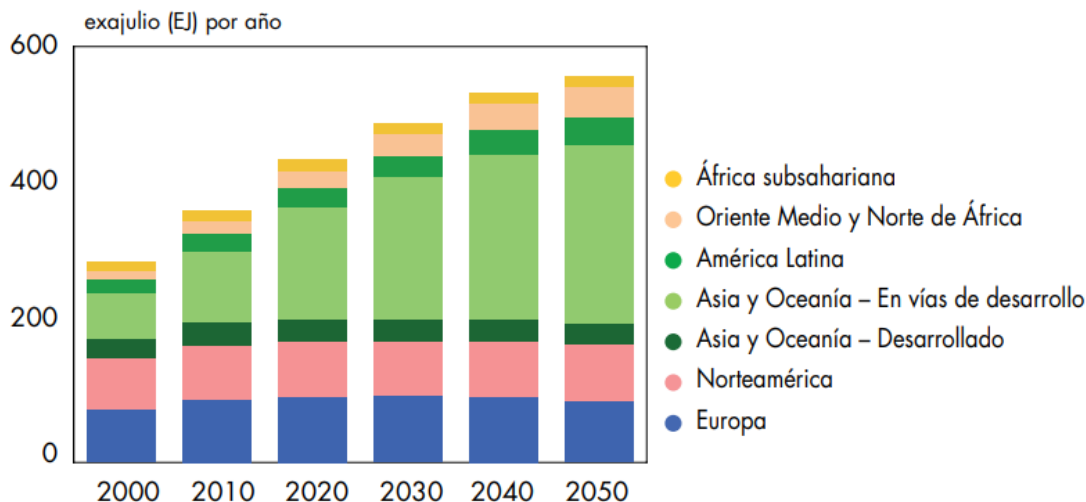
Debido al continuo incremento en la demanda energética, las fuerzas políticas y del mercado favorecen el desarrollo del carbono debido a su disponibilidad y bajo coste.

Los cambios percibidos en el clima mundial se atribuyen a la creciente industria del carbono en China y en los EE. UU. A pesar de la protesta generalizada contra el carbono, los gobiernos, temerosos del daño potencial al crecimiento económico, son lentos a la hora de establecer esquemas de gestión significativos con respecto a los gases de efecto invernadero a través de los impuestos al carbono, comercio del carbono y mandatos de eficiencia.

Para moderar la demanda de carbono para la generación energética, algunos países llegan a la conclusión de que la energía nuclear también debe crecer significativamente. Sin embargo, lleva tiempo para crear la capacidad minera de uranio para la construcción de centrales nucleares, además de la dificultad de deshacerse de los desechos nucleares.

La reticencia a compartir energía nuclear con estados no amigos, por el miedo a contribuir a la proliferación de armas nucleares, significa que el aporte de energía nuclear a la combinación energética en *Scramble* está muy por debajo de la potencia original.

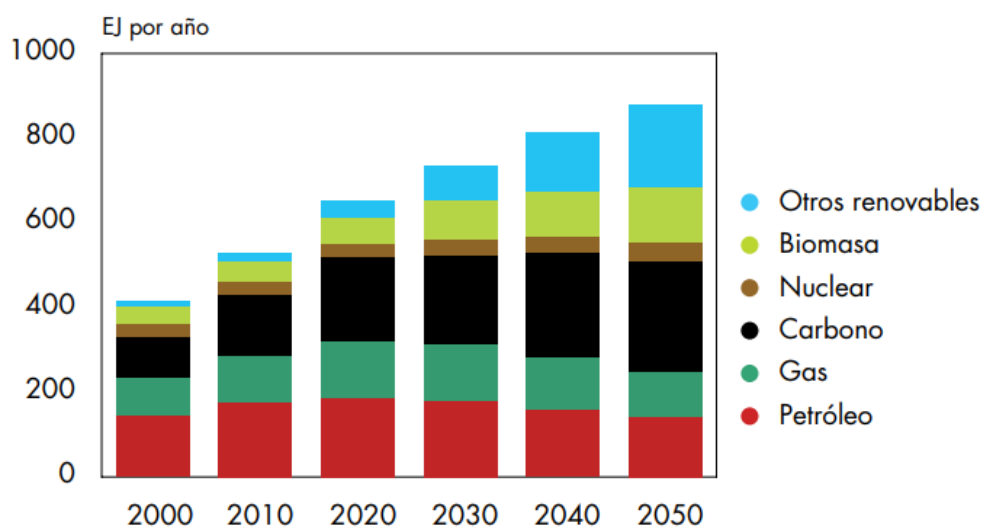
El consumo energético final por región se muestra en la siguiente gráfica:



Gráfica 14. Consumo energético final por región. (Shell)

En esta gráfica se puede apreciar como el principal aumento del consumo en ciertas regiones debido a su actual crecimiento como son Oriente Medio y Norte de África, América Latina y principalmente los países en vías de desarrollo de Asia y Oceanía.

La energía primaria por fuente en este escenario se divide de la siguiente manera:



Gráfica 15. Energía primaria por fuente. (Shell)

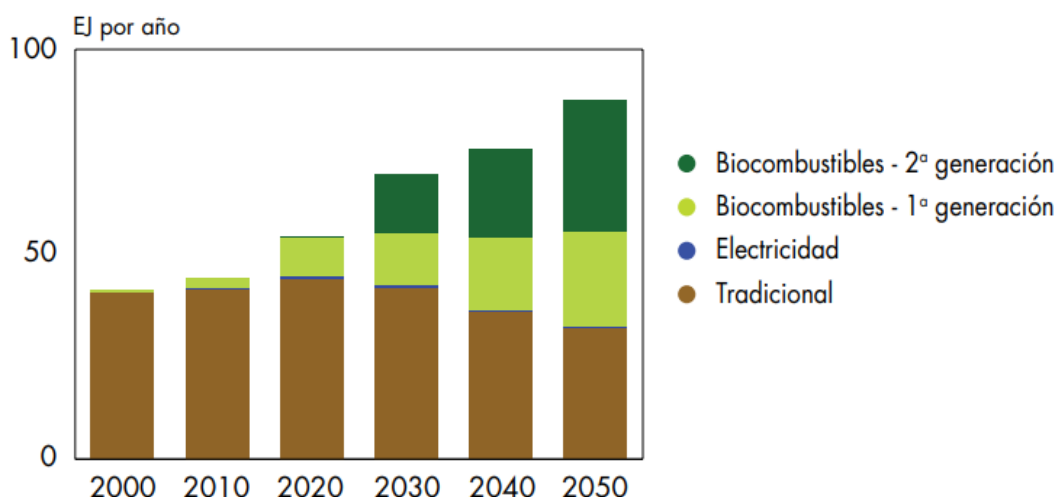
La energía proveniente al petróleo, gas y energía nuclear sufriría un pequeño aumento en la próxima década y a partir del 2030 una leve disminución, siendo en general similares. Sin embargo, el carbono produce un constante aumento de energía, esto es consecuencia de las nulas o escasas medidas tomadas para contribuir a su reducción. Además se ve como las energías renovables aumentan cada década.

7.1.3. La próxima revolución verde

Los grandes grupos de presión agrícola ya son poderosos en los países desarrollados y se desarrolla anticipadamente un enorme impulso para los biocombustibles en este escenario. Esto ayudaría a satisfacer el rápido crecimiento de la demanda de combustibles de transporte líquido.

Sin embargo, los biocombustibles de primera generación competirían con la producción de alimentos, provocando la elevación de los precios mundiales. El resultado de estos cambios en el uso de la tierra es que se liberan también cantidades significativas de CO₂ almacenado en el suelo.

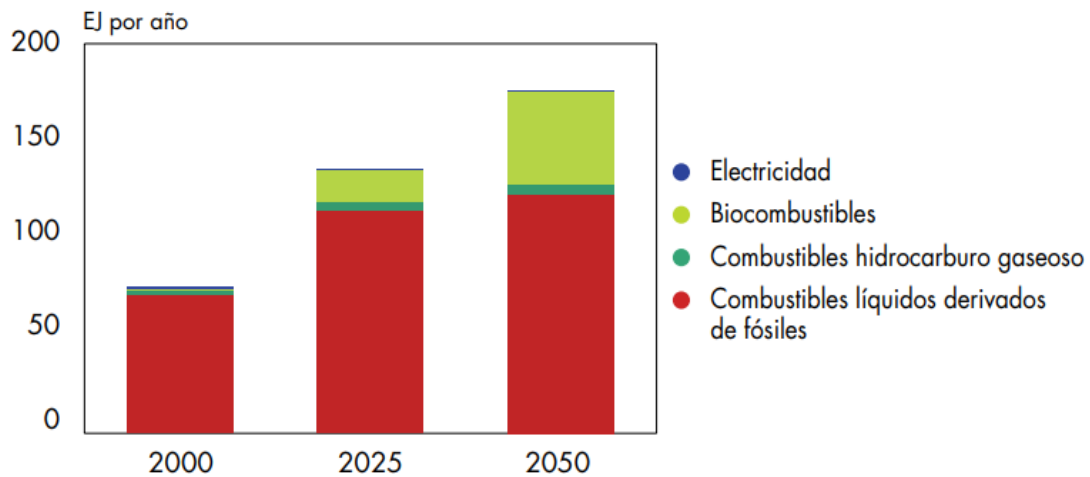
Estas consecuencias contribuirían a la producción de biocombustibles de segunda generación para los próximos años. Con ello aparecen los sistemas de certificación para fomentar la sustentabilidad de los biocombustibles tanto de primera como de segunda generación. Además una ventaja clave de los biocombustibles de segunda generación es que las producciones de energías son mucho mayores.



Gráfica 16. Consumo final de biomasa para energía. (Shell)

En la gráfica se puede apreciar como el uso tradicional de biomasa comenzaría a descender a partir del año 2030, sin embargo, los biocombustibles de primera y segunda generación sufrirían un gran aumento debido a la necesidad expuesta anteriormente.

El consumo final de energía se reparte de la siguiente manera:



Gráfica 17. Consumo final de energía. (Shell)

En este escenario el consumo final crece principalmente en los combustibles líquidos derivados de fósiles y de biocombustibles debido al crecimiento en la industria del transporte.

7.1.4. Las soluciones por lo general conllevan inconvenientes

Las acciones sobre el suministro finalmente son insuficientes o impopulares para tratar las crecientes presiones de demanda, lo que hace que los gobiernos tomen medidas para moderar la demanda de energía. La rápida imposición de estándares estrictos de eficiencia energética para la nueva construcción, ralentiza los nuevos desarrollos, mientras los constructores y funcionarios públicos los adaptan a la legislación. En algunos casos esto ralentiza la tendencia en pos de brindar mejoras de eficiencia general.

En Scramble, emerge un modelo típico de tres etapas:

- En primer lugar, los países enfrentan los signos de asegurar el suministro mediante una trayectoria hacia el carbono, hidrocarburos pesados y biocombustibles.
- Tras esto, el crecimiento de carbono, petróleo y gas no se puede mantener durante más tiempo, se produce una crisis de suministro general.
- Finalmente los gobiernos reaccionan con medidas draconianas, tales como alzas de precios domésticos considerables y rápidas o restricciones graves en la movilidad personal con interrupciones complementarias en las cadenas de valor y trastornos económicos significativos.

En el año 2020, en este escenario el modelo tendría como resultado una ralentización económica global temporal en ciertas áreas de la economía energética.

7.1.5. El camino dificultoso hacia el cambio climático

El objetivo de mantener el crecimiento económico en gran medida se contrapone a la agenda del cambio climático. El debate internacional sobre el cambio climático se paraliza y los países se posicionan en el conflicto entre los países ricos e industrializados frente a los países más pobres en vías de desarrollo.

Las presiones económicas emergentes del suministro energético y las tensiones de la demanda dificultan la actuación de los políticos hasta que se ven obligados, a pesar de su constante retórica de interés. Abordar el cambio climático se percibe como una presión económica adicional.

Las presiones políticas llegan a ser intensas en aquellos países en vías de desarrollo donde las aspiraciones emergentes se ven rápidamente decepcionadas.

7.1.6. La necesidad agudiza el ingenio

Los altos precios domésticos y los estándares exigentes impuestos por los gobiernos provocan avances significativos en la eficiencia energética. Los suministros alternativos desarrollados a nivel local, biocombustibles, energía eólica y solar, también contribuyen mucho más que antes. Hacia el año 2030, se restablece el crecimiento económico floreciente, con un dinamismo particular en el nuevo sector energético que ha recibido un estímulo masivo para la innovación a lo largo de este difícil período.

La menor participación del hidrocarburo en la combinación energética general, la creciente contribución de fuentes energéticas alternativas y una eficiencia energética mayor, moderan la tasa de crecimiento de CO₂ en la atmósfera. La restauración del crecimiento económica significa que el gran consumo de energía se reanuda con su recuperación complementaria en las emisiones de CO₂ y las concentraciones ya son altas.

El crecimiento económico continúa ofreciendo prosperidad creciente a muchos, pero las respuestas del mercado a los desafíos de los gases de efecto invernadero se han retrasado por la ausencia de una certeza normativa o acuerdos internacionales. Una mayor actividad económica e innovación se orientan a estar preparados para el impacto del cambio climático.

7.2. Escenario BluePrints

También conocido como Planificación, en este escenario se llevan a cabo cada vez más acciones locales para abordar los desafíos en el desarrollo económico, la seguridad energética y la contaminación ambiental. Este punto representa un fuerte estímulo para el desarrollo de las tecnologías energéticas limpias, la captura y almacenamiento del dióxido de carbono y medidas para el uso eficiente de la energía.

Se trata de un mundo donde los miedos más comunes sobre el estilo de vida y las perspectivas económicas forjan nuevas alianzas y fomentan la acción, tanto en los países desarrollados como en los en vías de desarrollo. Esto lleva a la aparición de una masa crítica de respuestas paralelas al suministro, demanda y tensiones climáticas y, por lo tanto, a la relativa prontitud de algunas de esas respuestas.

Las iniciativas asientan raíces localmente mientras que las ciudades individuales o las regiones toman la iniciativa. Estas llegan a estar progresivamente vinculadas a medida que los gobiernos nacionales se ven obligados a armonizar las medidas y aprovechar las oportunidades que permiten estas iniciativas políticas emergentes.

Emergen medidas de eficiencia por sobre la demanda regidas por el mercado con mayor rapidez, y se extienden las prácticas de gestión del CO₂ regidas por el mercado. Los mercados que comercian con carbono son más eficaces y los precios de CO₂ se fortalecen en primer lugar. El índice de crecimiento de CO₂ atmosférico está restringido de modo que sea posible un nivel sostenible a largo plazo por debajo de 550 ppmv.

La ruta seguida por este escenario sería el siguiente:

7.2.1. Empezando por la base

Mientras los organismos internacionales debaten sobre las políticas ambientales y cuáles políticas son factibles y muchos gobiernos se preocupan sobre la seguridad energética, surgen nuevas coaliciones para tomar medidas. Las personas realmente empiezan a delegar la responsabilidad de las complejidades del sistema energético a un número de instituciones más amplio además de los gobiernos nacionales

Existe oportunismo político y enfoque racional en los desarrollos iniciales. Muchos grupos intentan aprovechar las nuevas normativas e incentivos para rutas de energía alternativas. Los inciertos contextos normativos desalientan los desarrollos, pero a medida que surgen operaciones

exitosas, el progreso titubeante se transforma en una mayor aceptación de energía más limpia como es son la eólica y solar.

El resultado es que aunque en el mundo de BluePrints se registran transiciones profundas y turbulencia política, la actividad económica global continúa siendo vigorosa y cambia significativamente para utilizar menos energía.

Actualmente las ciudades vanguardistas de todo el mundo deben de tener la base para compartir buenas prácticas de desarrollo de infraestructura eficiente, manejo de la congestión y suministro integrado de calor y energía. Se invierte en la energía verde como fuente para cubrir la necesidad y mejorar la eficiencia energética.

Las percepciones de la crisis local ayudan a impulsar estos cambios, tales como protestas sobre el aire y la calidad del agua. El éxito de iniciativas individuales fortalece las credenciales políticas de intendentes y autoridades regionales, creando incentivos para que los dirigentes internacionales sigan el mismo camino. Los esfuerzos nacionales y locales empiezan a linearse y amplificarse mutuamente, lo cual modifica progresivamente la naturaleza del debate internacional.

Junto a la búsqueda de una mejora económica, las inquietudes medioambientales locales y la calidad del aire, más que el cambio climático o el espíritu empresarial verde, inicialmente impulsan la acción en países tales como China, India e Indonesia. Las regiones exitosas del mundo en vías de desarrollo estimulan su economía local atrayendo inversiones en instalaciones limpias, lo cual es posible gracias a las normativas de desarrollo limpio de tratados internacionales que sustituyan al Protocolo de Kioto, sin efecto a partir de 2012.

El intermediario clave de estos BluePrints de sistemas energéticos es la introducción de un mecanismo de precio de CO₂, utilizando un esquema de compraventa de emisiones de CO₂ que comienza en la UE y que es adoptado progresivamente por otros países. Este régimen comercial da un impulso a las nuevas industrias emergentes en torno a combustibles renovables y alternativas limpias, además de la captura de carbono y almacenamiento. Además, los créditos de carbono aumentan los ingresos, en particular para aquellos que invierten en la energía renovable, y reducen las incertidumbres de la inversión.

7.2.2. Rutas hacia el alineamiento

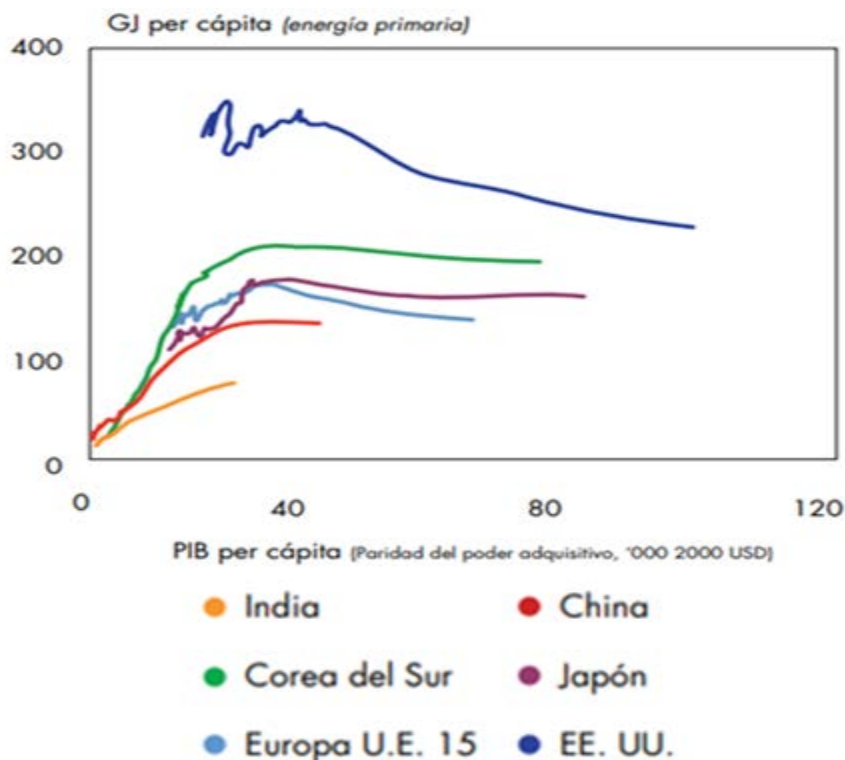
Las nuevas iniciativas a nivel regional y nacional crean incentivos para un cambio más amplio, como respuesta a la presión de las multinacionales.

Las grandes potencias, como EE.UU, responden a la presión tanto pública como de la industria, adoptando medidas significativas para potenciar una eficiencia mayor del combustible a través de iniciativas: evaluaciones de carbono desde el pozo de explotación hasta las ruedas de vehículo de los combustibles vendidos, elevación gradual de los estándares de U.S. Corporate Average Fuel Economy (CAFÉ), que establece los estándares económicos de combustible mínimo e impuestos en la venta de vehículos menos eficientes.

Europa impone cantidades permitidas de emisiones de CO₂ más estrictas en vez de sumar más impuestos de combustibles, y fija objetivos agresivos para reducir las emisiones.

Los gobiernos de China e India intentan equilibrar las intensas presiones políticas nacionales e internacionales, para sostener el crecimiento económico y responder a las inquietudes sobre el cambio climático y la eficiencia de la energía. Se aseguran acuerdos que facilitarán la transferencia de la tecnología y la inversión en plantas de energía eficiente.

Estos desarrollos aportan un alineamiento creciente entre los enfoques adoptados por EE.UU., China, India, Japón y Europa respecto del CO₂. A partir del año 2012, una masa crítica de naciones participó en esquemas significativos de compraventa de emisiones, estimulando la innovación y la inversiones nuevas tecnologías energéticas y preparando el terreno para la captura del CO₂ y almacenamiento subterráneo después del año 2020.



Gráfica 18. Jerarquías energéticas a 2050. (Shell)

En esta gráfica se puede apreciar como los países en crecimiento conforme aumenta su PIB aumenta también la energía primaria. Sin embargo en los países desarrollados la tendencia cambia ya que la energía producida sería más rentable.

7.2.3. Los desarrollos benefician la energía de los países pobres

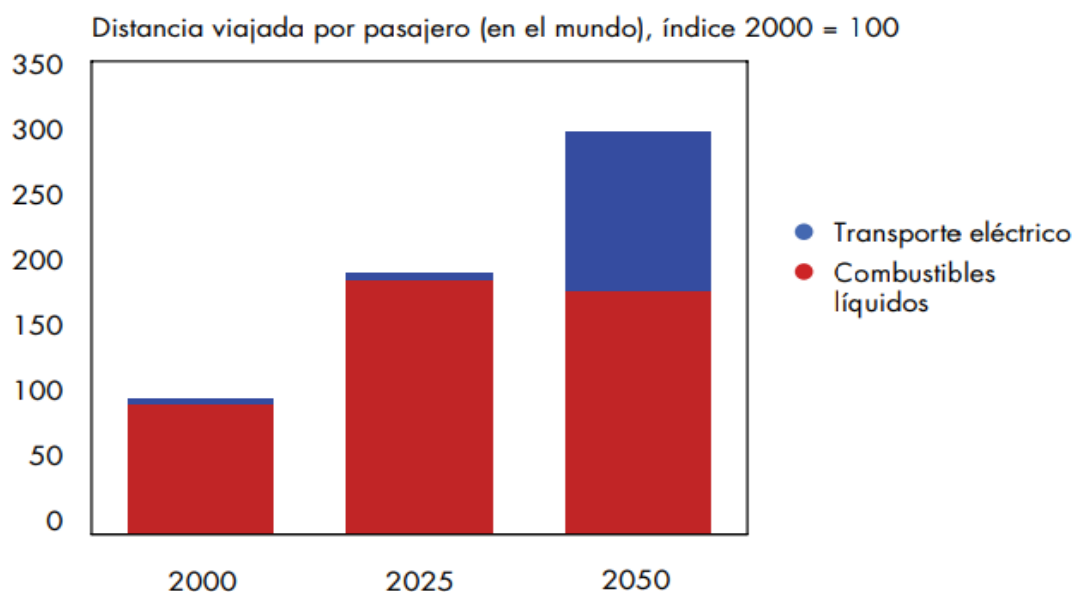
El desarrollo desordenado aunque anticipado de soluciones innovadoras y la adopción de práctica probadas desde la base benefician también a las naciones de bajos ingresos. La OPEP eleva la producción de crudo para mantener precios más bajos después de posponer el desarrollo de sustitutos más costosos.

También empiezan a aparecer los beneficios del crecimiento acelerado y la generación de energía distribuida a partir de la energía eólica y solar. Nuevas turbinas eólicas y paneles solares más económicos se exportan con facilidad a áreas rurales.

India y China invierten impulsando desarrollos tecnológicos en energías renovables los cuales se exportarán nuevamente a occidente, acelerando la aceptación de la energía solar en particular.

La exigencia de los gobiernos respecto del uso de vehículos con emisiones cero y reducidas, los incentivos fiscales para apoyar la fabricación en serie, y el mayor uso de energía eólica y solar, estimulan un incremento en el transporte eléctrico propulsado mediante baterías, pilas de combustible o tecnologías híbridas.

En BluePrints, el uso final más eficaz de la electricidad y el crecimiento más lento resultante en la demanda de energía primaria, significa que la energía de los países pobres se ve fortalecida gracias a los precios más accesibles de la energía.



Gráfica 19. Crecimiento de la electricidad en el transporte. (Shell)

En esta gráfica, se aprecia el crecimiento en el uso del transporte debido al aumento de la población mundial. Sin embargo a partir del año 2025 se prevé que el transporte eléctrico aumente.

7.2.4. Disgregación e integración

Para el año 2050, una de las transiciones revolucionarias observables en BluePrints es que el crecimiento económico ya no depende principalmente de un incremento en el uso de combustibles fósiles.

Los vehículos eléctricos se están convirtiendo en la norma en el sector del transporte debido a su atractivo para los consumidores y su rentabilidad, después de que los gobiernos han incentivado el desarrollo de la producción en serie.

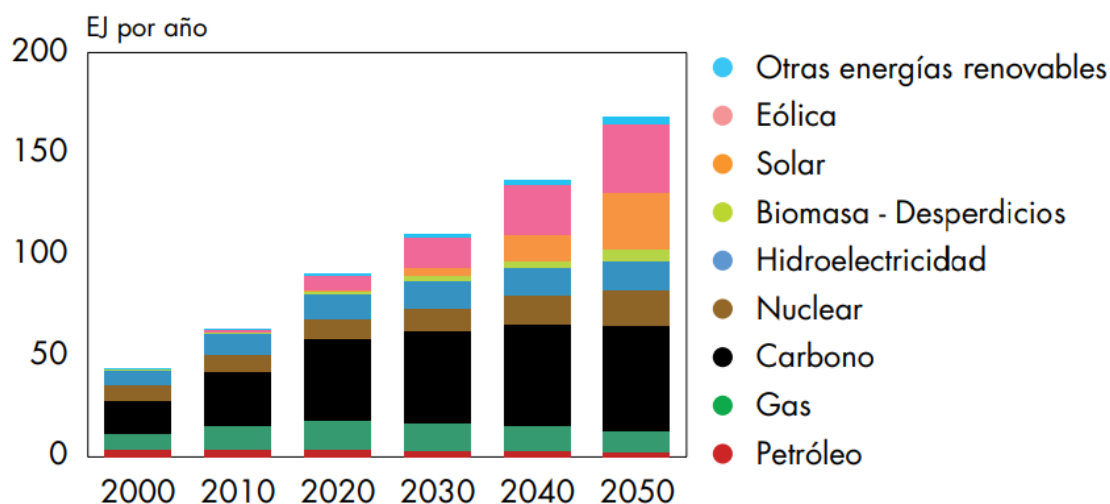
En el mundo desarrollado, el 90% de las centrales generadoras de energía a carbono o a gas en la OCDE y el 50% en el mundo fuera de la OCDE han sido equipadas con tecnologías de captura de carbono y almacenamiento.

Esto reduce las emisiones generales de CO₂ entre el 15 y el 20% en comparación con lo que lo habrían hecho sin dicha captura.

La falta de combustibles fósiles locales en Europa no constituye una desventaja gracias al surgimiento de estas nuevas tecnologías renovables. Tiene un buen resultado económico a pesar de su reducida población y al hecho de que el capital social fue sustituido con antelación para cumplir con los rigurosos requisitos de eficiencia.

En BluePrints, se registra una segunda y profunda transición a nivel político, con una sinergia cada vez mayor entre las políticas nacionales e internacionales. Aunque los detalles pueden diferir de nación a nación, las organizaciones internacionales relacionadas con el medio ambiente y el bienestar económico global y energético.

Las ciudades de todo el mundo continúan compartiendo experiencias y creando asociaciones más amplias. El grupo C-40 de ciudades líderes, que sigue creciendo en número, identifica las mejores prácticas en desarrollo urbano y finalmente las áreas rurales empiezan a unirse a estas coaliciones, en parte para evitar convertirse en receptores de las tecnologías antiguas.



Gráfica 20. Consumo final de energía eléctrica. (Shell)

En la previsión de consumo final de energía eléctrica global, el gas y el petróleo se mantienen constantes. Sin embargo, la energía nuclear y proveniente al carbono aumentan, sobretudo esta última debido a los países asiáticos en vías de desarrollo.

Además las energías renovables, debido a su necesaria apuesta, aumentan, en concreto, las energías solar y eólica son las energías que más influencia ganan.

7.2.5. BluePrints para las respuestas al cambio climático

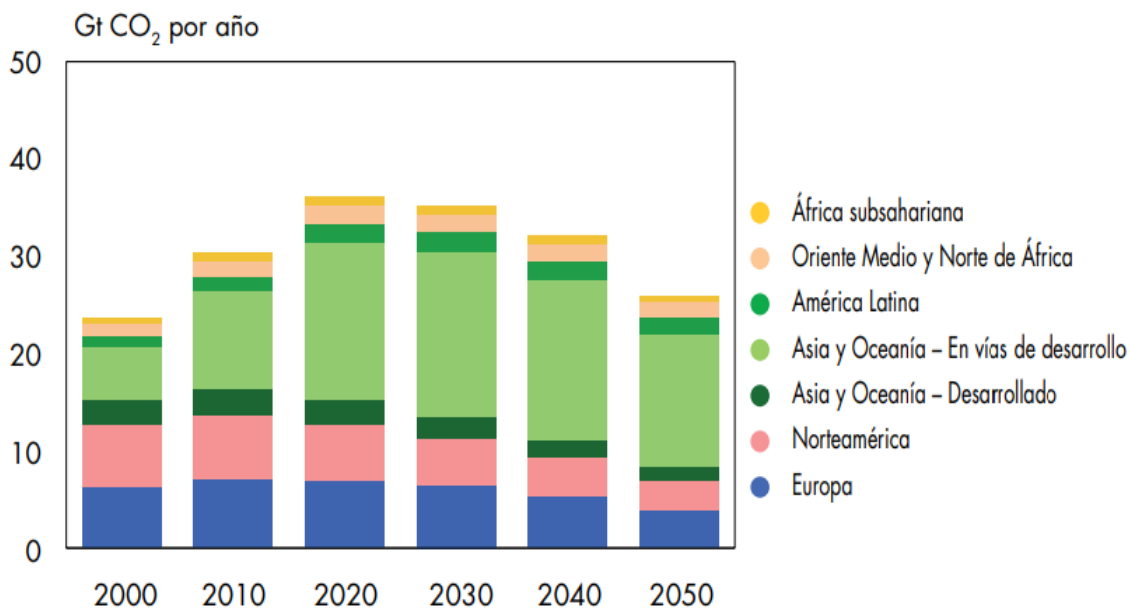
Los acuerdos sobre cómo abordar las inquietudes sobre el clima no son el resultado de un cambio milagroso en el comportamiento de los dirigentes políticos. Reflejan la manera en la que los valores de las bases ahora se incluyen en las agendas políticas a través de los medios y de los grupos de presión internacionales.

Una vez finalizado el Protocolo de Kioto en el año 2012 emergería un marco internacional importante sobre el carbono con una sólida verificación y acreditación.

Estadísticas energéticas más fiables y análisis de mercado mejor informados permiten a los mercados de futuros de carbono reflejar claramente las señales de precios a largo plazo. Gracias a estos marcos, los mercados pueden anticipar la rigidez en las asignaciones de emisiones de CO₂ y planificarlas.

Para el año 2055, EE.UU. y la U.E. estarán utilizando en promedio un 33% menos de energía per cápita que en la actualidad. El uso de la energía china también ha alcanzado el punto más alto. India todavía está escalando en su jerarquía energética, pero como es un jugador relativamente nuevo, tiene que adoptar una ruta de desarrollo menos intensiva en energía.

En un marco BluePrints, una serie de países, el pueblo apoya a los dirigentes nacionales que prometen no sólo seguridad energética sino también un futuro sustentable. El temor inicial redujo la incertidumbre y preparó el camino para la ganancia a largo plazo.

Gráfica 21. Emisiones de CO₂ procedentes de energía. (Shell)

En esta gráfica se puede apreciar como los países desarrollados de Asia y Oceanía y los países de Europa y Norteamérica reducen su emisión de carbono en las décadas posteriores. Sin embargo, los países en vías de desarrollo necesitan el carbón como herramienta para progresar por lo que su huella de carbono aumenta con el tiempo.

	Scramble			BluePrints		
	2020	2030	2050	2020	2030	2050
Petróleo	186	179	141	191	192	157
Gas	133	134	108	139	143	122
Carbono	199	210	263	172	186	208
Nuclear	34	36	43	30	34	50
Biomasa	59	92	131	52	59	57
Solar	2	26	94	7	22	74
Eólica	9	18	36	9	17	39
Otras renovables	28	38	65	29	40	62
Total energía primaria	650	734	880	628	692	769

Tabla 23. Comparación Scramble-BluePrints. En EJ por año. (Shell)

En esta comparación se puede apreciar como en el escenario BluePrints el consumo de petróleo y gas aumenta ligeramente, sin embargo la mayor diferencia se encuentra en el carbono, con una gran disminución lo cual indicaría el gran cambio producido.

El gran cambio entre ambos escenarios se encuentra en la energía primaria donde se sustenta este punto, la energía primaria en el escenario BluePrints es mucho menor y esto es debido a la mejora de las eficiencias en las tecnologías mostradas y el más que notable ahorro de energía.

7.3. Escenario Sky

Ambos escenarios mostrados anteriormente (Scramble y BluePrints) desarrollan los posibles posicionamientos de los países en el ámbito de la energía y el abastecimiento. Sin embargo, tras el Acuerdo de París de diciembre en 2015, se desarrolló el escenario Sky para lograr los objetivos propuestos en dicho acuerdo.

David Hone, asesor en Cambio Climático de Shell, contribuyó a la preparación de este escenario y numeró los principales puntos esenciales para este proyecto:

1. Mantener el aumento de la temperatura media mundial por debajo de los 2°C de los niveles preindustriales y procurando limitar el aumento de la temperatura a 1,5°C por encima de los niveles preindustriales.
2. Alcanzar el máximo mundial de emisiones de gases de efecto invernadero para comenzar con la mayor brevedad posible con su descenso.
3. Lograr un equilibrio entre las emisiones de CO₂ y las absorciones en sumideros de gases a partir del año 2050.

Los escenarios “Mountains” (Montañas) y “Oceans” (Océanos) publicados en 2013, se diseñaron como el objetivo de alcanzar emisiones netas cero, pero con la garantía de que el aumento la temperatura superficial promedio se mantenga por debajo de los 2°C. El escenario Sky es la extensión de ambos escenarios.

Ambos escenarios tratan vías sociopolíticas alternativas y su impacto energético, pero no cierran el tema de las emisiones. Sky añade a esta visión un enfoque basado en el desarrollo económico y político actual, pero impulsado por el ambicioso objetivo de lograr emisiones netas cero para 2070.

Sky es un escenario ambicioso basado en la realidad actual cuyo objetivo debe cumplirse a largo plazo, sin embargo, las medidas deben comenzar a la mayor brevedad posible. Horne afirma, “los escenarios pueden revelar ideas útiles y mostrarnos los caminos potenciales que el mundo podría tomar. Algunos son más plausibles que otros, pero todos desafían a la sociedad a tomar decisiones difíciles”.

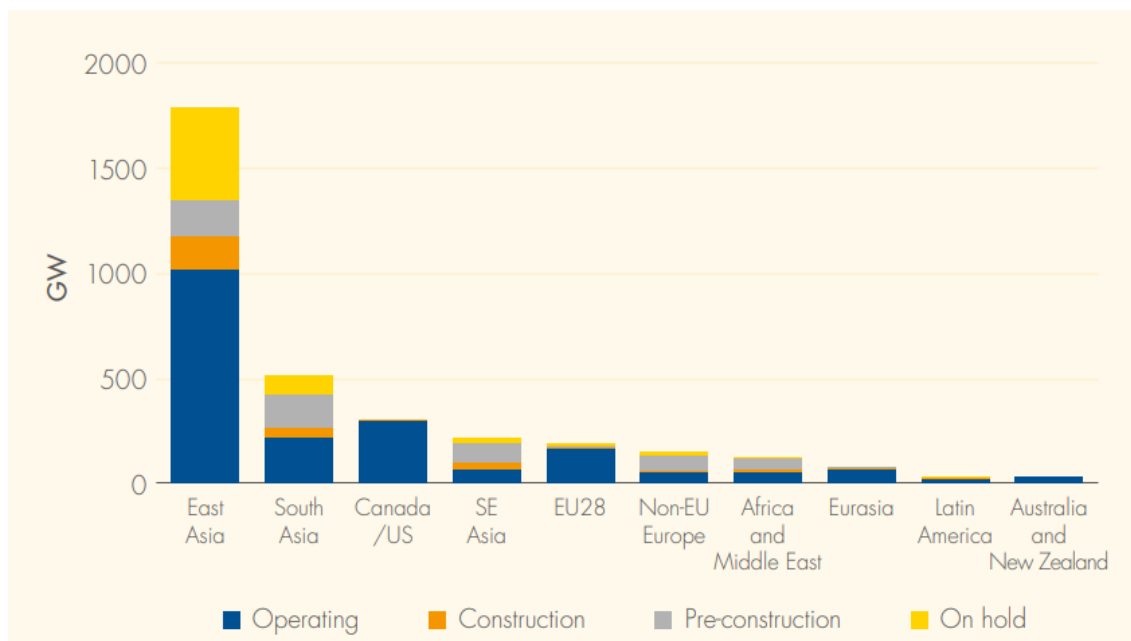
Este escenario proyecta la transición energética rápida para el próximo medio siglo. A medida que el Acuerdo de París se encuentra en pleno

funcionamiento, los países transfieren sus contribuciones nacionales (NDC) hacia un camino con el objetivo de cero emisiones para el sistema energético de 2070.

El escenario Sky identifica siete cambios principales para las próximas décadas para lograr el éxito:

- Un cambio en la mentalidad del consumidor es clave. Se necesita que las personas elijan preferentemente opciones bajas en carbono y de alta eficiencia para satisfacer sus necesidades de servicio de energía.
- El cambio en la eficiencia del uso de la energía para unas mayores ganancias y obtener tendencias históricas.
- Los gobiernos necesitan adoptar mecanismos de fijación de precios de carbono a nivel mundial a lo largo de la década de 2020.
- La tasa de electrificación de la energía final se triplica, y la generación de electricidad mundial alcanza un nivel casi cinco veces superior al de hoy.
- Las nuevas fuentes de energía crecen hasta cincuenta veces, y la energía primaria de las energías renovables eclipsa a los combustibles fósiles en la década de 2050.
- Se construyen unas 10.000 grandes instalaciones de captura y almacenamiento de carbono, en comparación con menos de 50 en funcionamiento en 2020.
- Se logra una deforestación neta cero. Además, un área del tamaño de Brasil reforestado ofrece la posibilidad de limitar el calentamiento a 1.5 ° C, la ambición final del Acuerdo de París.

Sin embargo, este escenario plantea una serie de desafíos como por ejemplo el relativo a las emisiones, lograr emisiones netas cero en solo 50 años es técnicamente posible, pero no hay margen de interrupción, para tecnologías estancadas o indecisiones políticas, entre otros factores.



Gráfica 22. Capacidad de la generación eléctrica por carbón. (Shell)

Aquí se puede apreciar el consumo de carbón por regiones, tanto el utilizado como las minas en construcción y las reservas. Se aprecia claramente como el este de Asia es la región con más carbón, siendo un recurso muy útil para países en vías de desarrollo, motivo por el cuál, muchos países rehúsan la idea de abandonar el carbón por energías más limpias.

Más bien, se requiere una aceleración en todos los aspectos pertenecientes a una transición energética y marcos de política sólidos. El éxito depende de la sociedad liderada por los gobiernos, coordinados por organizaciones como CMNUCC, la UE y la ASEAN entre otros.

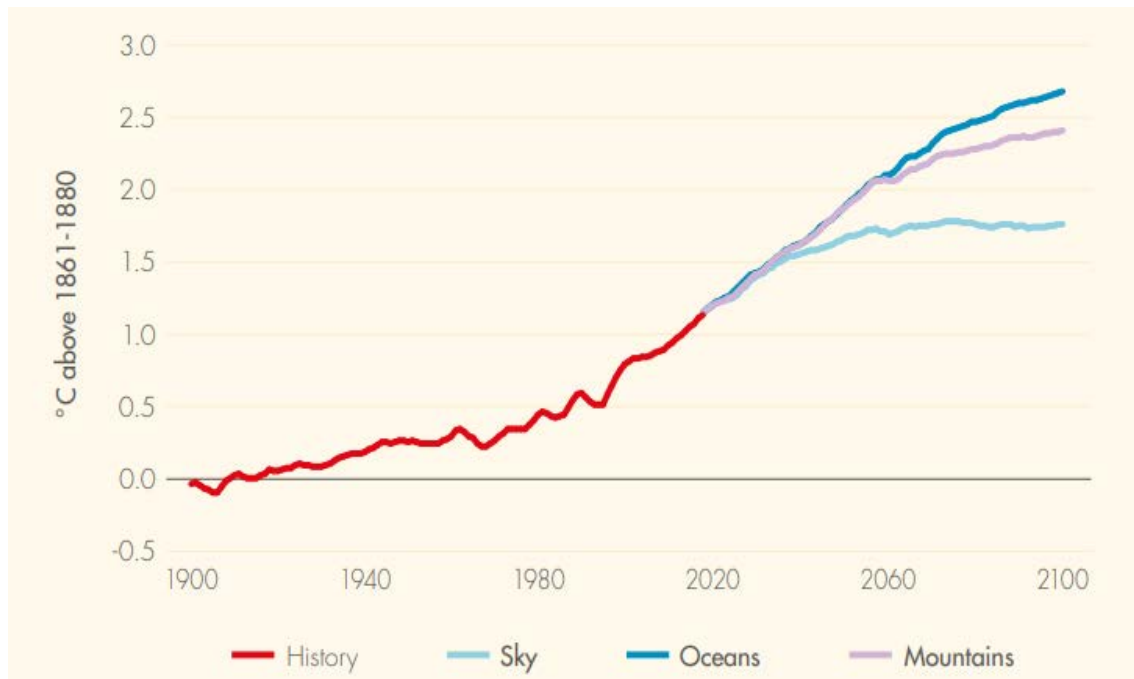
La compañía Shell colaboró con el programa conjunto del MIT sobre Ciencia y Política del Cambio Global para evaluar el aumento de la temperatura superficial global, donde se acordó limitar el aumento de la temperatura a 1,5°C.

Este objetivo no podría cumplirse solamente con la transición energética, a ello habría que adicionarle una gran reforestación por todo el mundo. Las soluciones basadas en la naturaleza (NBS) serán muy importantes en las próximas décadas.

7.4. Características de los escenarios Mountains, Oceans y Sky

Aunque el escenario Sky es una extensión de los otros escenarios, difieren entre si y marcan diferentes caminos en cada uno de los aspectos principales.

En cuanto a la subida de la temperatura global, en la siguiente gráfica se puede ver los diferentes escenarios, además de la trayectoria del siglo XX.

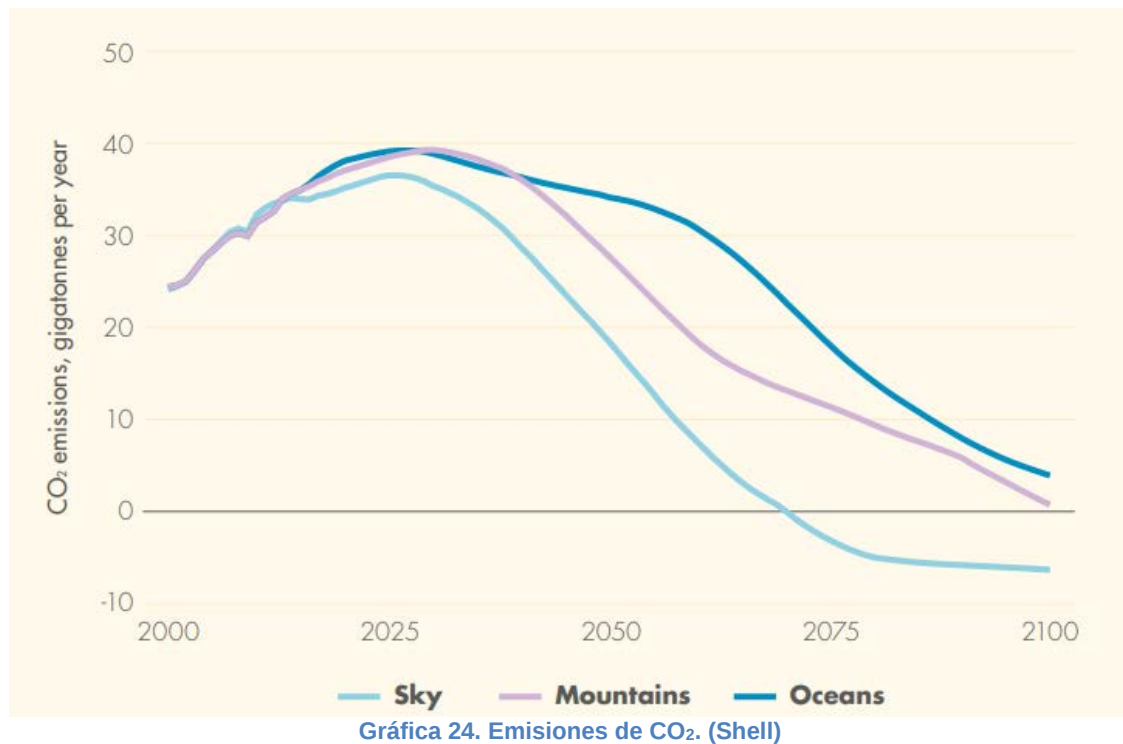


Gráfica 23. Aumento global de la temperatura. (Shell)

En la gráfica se puede ver el aumento de la temperatura global para los 3 caminos posibles. La historia muestra como la temperatura suben de manera imparable y si se siguiese ese camino, sin cambiar la mentalidad ni la planificación, la temperatura aumentaría 4°C en 2100, pero si es posible reducir sus efectos.

Aquí se ve claramente como el escenario "Sky" difiere con los demás ya que en este la temperatura se comienza a estabilizar a partir del año 2040. En cambio, entre los escenarios "Mountains" y "Oceans" la diferencia es mínima, simplemente la temperatura en este último su temperatura sufriría un aumento ligeramente mayor.

Con respecto a las emisiones de CO₂, los 3 escenarios centran esfuerzos en lograr dicho objetivo, aunque con un recorrido diferente:

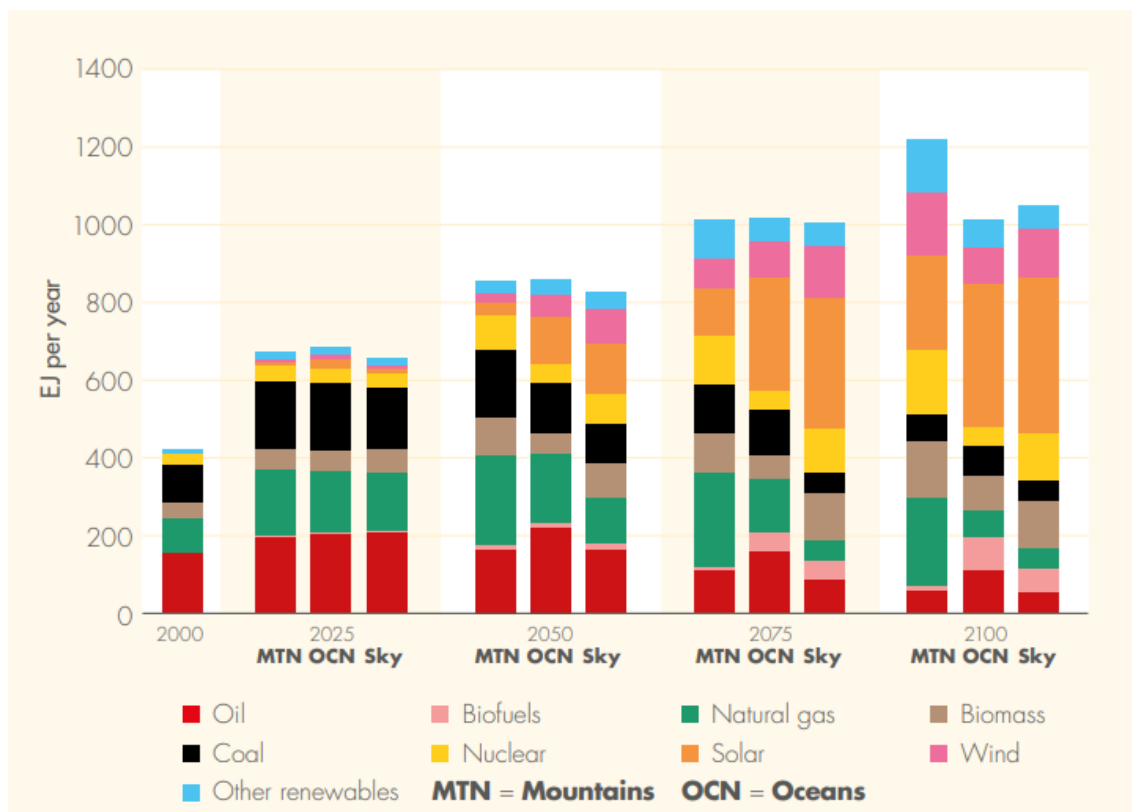
Gráfica 24. Emisiones de CO₂. (Shell)

Para las emisiones de CO₂ se aprecia como el escenario “Sky” en el 2070 se prevé lograr que las emisiones netas sean nulas, pero para lograrlo se requiere que las medidas se tomen rápido y sean contundentes.

Por otro lado, el escenario “Mountains” se acerca a conseguir que estas emisiones netas sean nulas para el año 2100 y el escenario “Oceans” es el más negativo en este aspecto.

A pesar de las diferencias, también tienen factores en común como el aumento de emisiones hasta el año 2025 y a partir de este punto comienzan a reducirse.

Estos valores previos muestran aspectos a reducir, a pesar de ello, la demanda energética mundial no para de crecer por lo que la producción también y esto se puede ver en la siguiente gráfica:



Gráfica 25. Previsión de energía primaria para los escenarios Shell. (Shell)

En esta gráfica se ve la previsión de energía primaria necesaria a lo largo del siglo y para los 3 escenarios.

En el escenario “Mountains” predominan tecnologías provenientes de recursos fósiles, en el año 2025 se prevé que en torno a 600 EJ de los casi 700 EJ provengan de estos recursos. En los posteriores años la demanda energética aumentaría de manera casi constante, a razón de casi 200 EJ cada 25 años. Las energías renovables aumentarían su porcentaje de participación, sin embargo la base seguiría siendo el petróleo, gas natural y el carbón.

El escenario “Oceans” sería similar al “Mountains” para el año 2025, pero a partir de ese punto comenzaría a distanciarse. Para el año 2050 se espera que la energía primaria total sea igual al anterior escenario, sin embargo las proporciones son diferentes, los recursos fósiles pierden cierta importancia y la energía nuclear se quedaría en la mitad, esta diferencia se compensaría con la energía solar y eólica. Los próximos cuartos de siglo mostrarían que la evolución continua de igual manera marcando el aumento de energía solar, eólica y biocombustibles. A partir del año 2075 la energía primaria no aumentaría ya que la demanda energética se mantendría constante.

El escenario “Sky” es el escenario más optimista, para el año 2025 y 2050 se reduciría ligeramente la energía primaria en comparación con ambos

escenarios previos. A partir del año 2050 se comenzaría a ver grandes diferencias como la reducción del uso de gas natural y carbón y un gran aumento en la energía solar y eólica. En el año 2075 más del 50% de la energía sería proveniente de la energía solar, eólica y otras fuentes renovables. Para llegar a este escenario las medidas y la planificación deberían ser inmediatas y fuertes.

7.5. Cronología del escenario Sky

Todas las medidas del escenario “Sky” ya han mostrado los objetivos tanto principales como secundarios a nivel mundial, pero, además podemos observar los hitos que nos muestran el progreso.

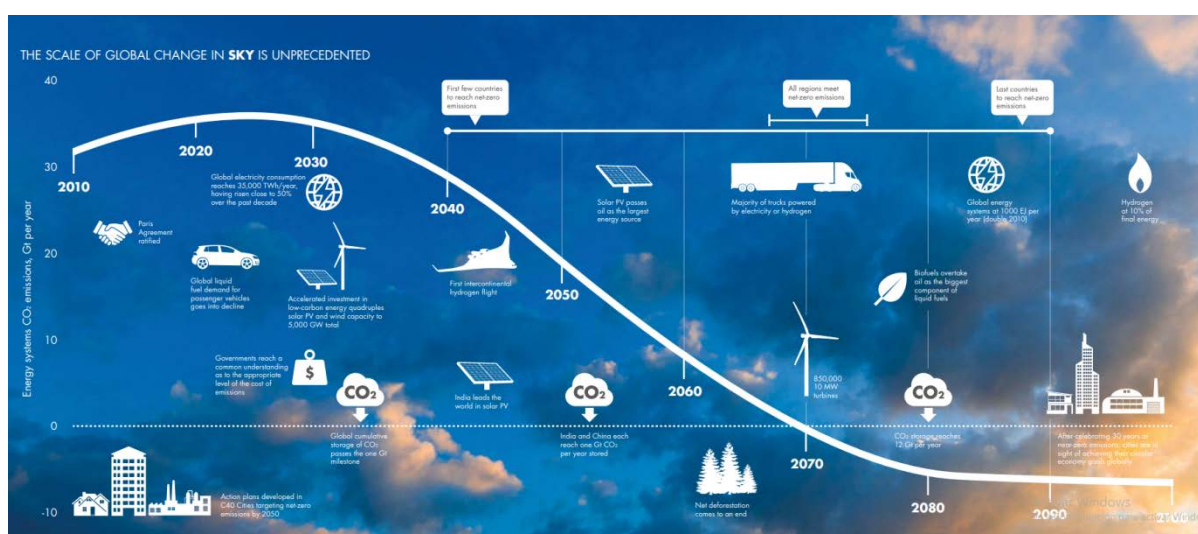


Ilustración 9. Recorrido tecnológico mundial del escenario Sky. (Shell)

En esta imagen, del documento de la compañía Shell “Meeting the goals of the Paris Agreement” muestra la situación y la prospectiva mundial tecnológica.

En este recorrido se ven enfrentadas las emisiones de CO₂ de los sistemas energéticos en el siglo XXI con la superposición en dicho mapa de muchos hitos tecnológicos a alcanzar y siendo estos los siguientes:

- Año 2020: se espera que comiencen a bajar la demanda de petróleo para los combustibles de los vehículos de pasajeros.
- Año 2025: las emisiones de CO₂ alcanzarían su máximo y a partir de ese año comenzarían a reducirse paulatinamente.
- Año 2030: El consumo global eléctrico alcanza los 35 PWh/año habiendo crecido un 50% con respecto a la década anterior. Además, las

inversiones en energía solar fotovoltaica se cuadruplica y la capacidad eólica alcanza los 5000 GW total.

En este punto se espera que los gobiernos lleguen a un entendimiento sobre el nivel de emisiones.

- Año 2040: Algunas ciudades comienzan a tener un balance neto de 0 emisiones de CO₂.
Se realiza el primer viaje intercontinental por aire con hidrógeno como combustible.
India, uno de los países más poblados mundialmente, se convierte en el líder en energía solar fotovoltaica.
- Entre los años 2050 y 2060 las emisiones de CO₂ se reducen a la mitad con respecto al máximo histórico producido en el año 2025.
La energía solar se convierte en la principal fuente de energía mundial.
Tras mucho tiempo deforestando, la reforestación neta comienza a ser positiva.
- Año 2070: Todas las regiones tienen zonas de emisiones cero y en el ámbito mundial las emisiones netas conjuntas se reducen a 0.
La mayor parte de los camiones funcionan con hidrógeno o electricidad.
En este punto existen 850.000 aerogeneradores con una potencia mínima de 10 MW.
Además, en este punto se alcanzaría el balance de emisiones de CO₂ nulo.
- Año 2080: Los combustibles líquidos están formados mayoritariamente por biocombustibles.
- A partir del año 2090 la energía global duplica la energía existente en 2010.
El 10% de la energía final proviene del hidrógeno.

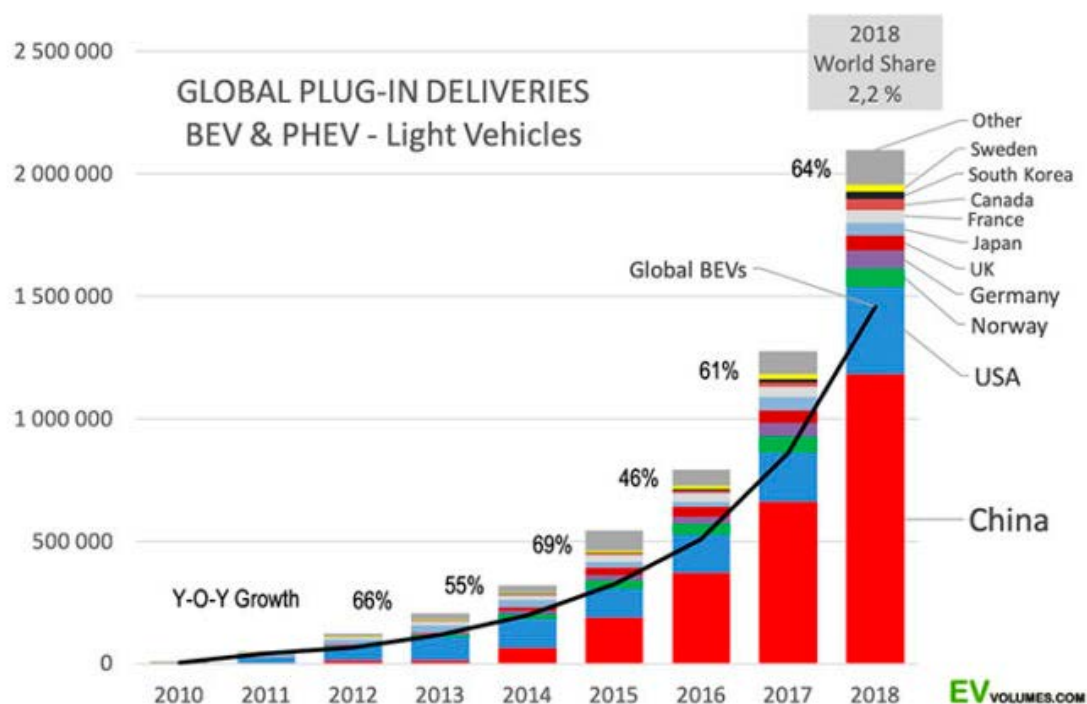
Entre estos hitos cabe destacar como para el año 2040 empieza a haber ciudades cuya emisión neta de CO₂ sea nula debido al desarrollo de la tecnología de captura de carbono. Esta tecnología se está desarrollando actualmente. Un equipo de científicos en Melbourne ha desarrollado una nueva técnica que puede convertir eficientemente el CO₂ de un gas en partículas sólidas de carbono, sin embargo el principal inconveniente que presenta es la inviabilidad. Hasta la fecha, solo se ha conseguido convertir el CO₂ en un sólido a temperaturas extremadamente altas, lo que lo hace industrialmente inviable.

Otro punto a tener en cuenta es la investigación en la pila de hidrógeno. Según la compañía Shell, esta tecnología era muy prometedora pero se

encuentra estancada y ha sido eclipsada por el desarrollo del vehículo eléctrico. Sin embargo, otros informes muestran que esta tecnología ha superado prácticamente los obstáculos de seguridad y tecnológicos que le impedían ser comercializado. Su principal problema es que aún no cuenta con la confianza del mercado por lo que su principal baza es el transporte pesado y su uso en los procesos industriales. Este proyecto está liderado por Estados Unidos, Japón, Corea del Sur y el Norte de Europa.

Esta tecnología tiene como principal virtud la emisión de agua y calor en exclusiva. Además, si la producción se realiza de forma sostenible mediante energía renovable, permite repostar tan rápido como es el caso de los combustibles fósiles y logra autonomías similares.

El vehículo eléctrico también es clave para el desarrollo sostenible del transporte y por lo tanto se debe priorizar, en el año 2015, para el escenario Sky se esperaba que actualmente hubiese circulando 20 millones de vehículos eléctricos, sin embargo estas cifras no han llegado.



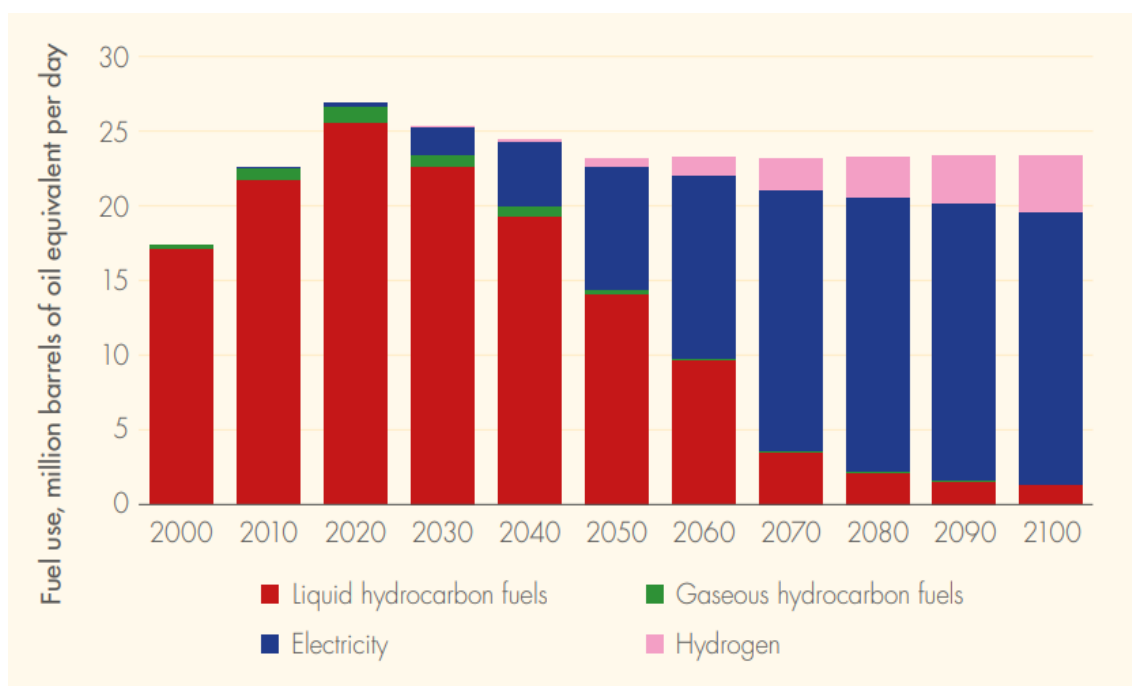
Gráfica 26. Ventas de vehículos eléctricos. (EV-volumenes)

En 2018 las ventas de vehículos eléctricos en el mundo ascendieron a 2,1 millones, siendo el 69% de las ventas totalmente eléctricas y el 31% de híbridos enchufables. Además de esta gráfica, se ha obtenido el valor de los vehículos eléctricos que circulan actualmente por el mundo, siendo este de alrededor de 5 millones. Este valor se aleja de los 20 millones que se

esperaban. En el escenario Sky se esperan otros objetivos como por ejemplo que en 2030 la mitad de las ventas serán eléctricas.

En este sector, en los biocombustibles se está avanzando aunque más lento de lo previsto originalmente. La prioridad es proporcionar combustibles de alta densidad energética y baja huella de carbono para ciertos transportes.

En la producción de biocombustibles se está investigando por una nueva rama hacia las emisiones negativas, estando en Estados Unidos una planta de bioetanol que además trabaja como captura y almacenamiento de carbono. Esta ruta es muy importante en los objetivos del Acuerdo de París debido a que contribuye a lograr 2 objetivos.



Gráfica 27. Reparto de combustibles para vehículos en el escenario Sky. (Shell)

Esta gráfica muestra las expectativas en el escenario Sky para el reparto en el combustible de los vehículos en el mundo. Los datos que se pueden sacar más importantes son el crecimiento del vehículo eléctrico y como entre los años 2020 y 2030 se reduciría el consumo de combustibles líquidos.

Estas fechas sirven como esquema de los objetivos a lograr en el escenario Sky, sin embargo, sin una actuación rápida serán objetivos los cuales se irán retrasando y no se podrá revertir la degradación que está sufriendo el planeta.

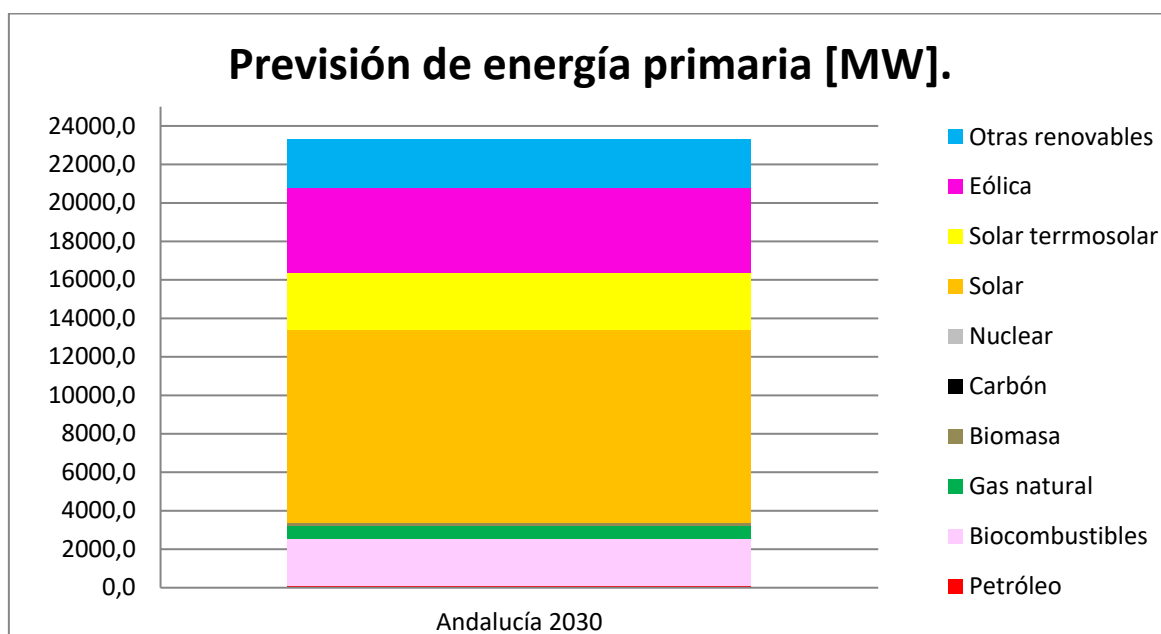
8. ESTUDIOS COMPARATIVO DE LOS ESCENARIOS ANDALUZ E INTERNACIONALES

Como se ha podido apreciar Andalucía busca transicionar hacia una reducción de emisiones de CO₂ y un aumento de la energía proveniente de fuentes renovables.

8.1. Ámbito energético

Tras analizar la situación, potencial y expectativas de la comunidad autónoma se esperan una serie de cambios los cuales ya se están llevando a cabo. Los cambios más importantes son la reducción de centrales térmicas de carbón, aumento de la energía eólica y el cambio más llamativo es el gran aumento de energía solar fotovoltaica, siendo las expectativas en este punto muy altas.

La previsión en Andalucía según la Junta de Andalucía y la apertura de las futuras empresas en la comunidad se muestra en la siguiente gráfica:



Gráfica 28. Previsión de energía primaria. Andalucía 2030 sin restricciones.

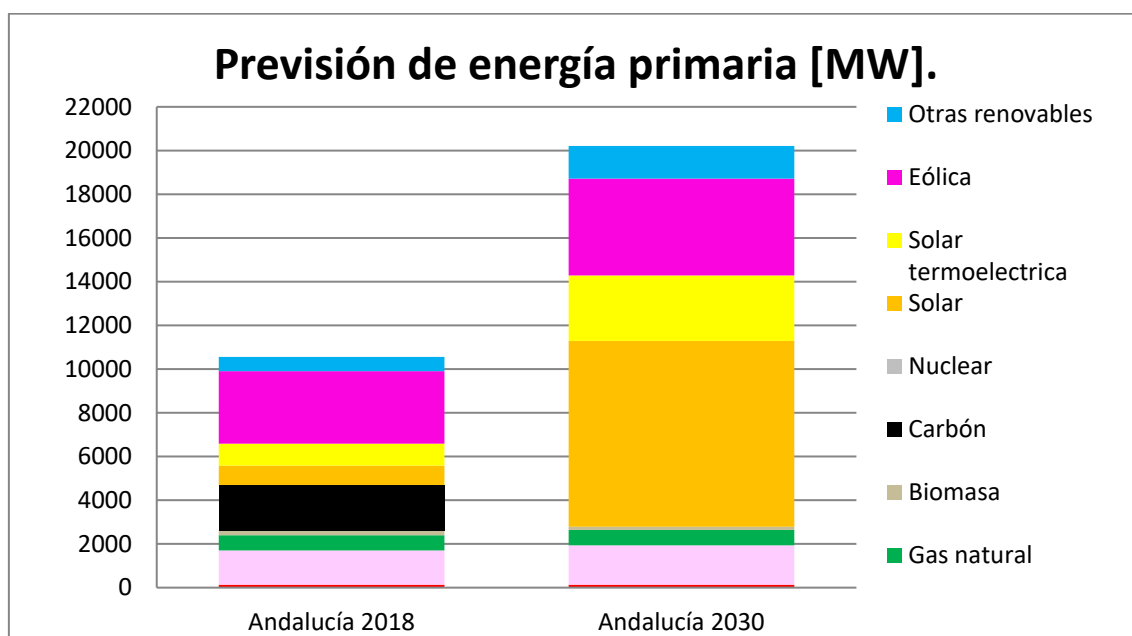
La previsión muestra un clarísimo aumento de la energía primaria basado en energías renovables, sobretudo en el ámbito de la energía solar. De cumplirse estas expectativas Andalucía cumpliría el objetivo marcado por el PNIEC. Sin embargo, la Junta de Andalucía afirmó que los 10.000 MW previstos en esta década podrían aumentar hasta 25.650 MW.

Otra característica es la nula presencia de potencia instalada proveniente de energía nuclear o del carbón. Esto se debe a que no existe

ninguna central nuclear en Andalucía y que en el año 2021 se prevé que se cierren las últimas centrales térmicas de carbón.

Estas expectativas tienen un aspecto limitante, por el cuál difícilmente se llegaría a este objetivo. La capacidad eléctrica disponible de evacuación actualmente es de 4.531 MW por lo que las expectativas de más de 20.000 MW instalados en el año 2030 son difícilmente alcanzables. La inversión necesaria para dotar de la red de transporte para evacuar la energía generada sería demasiado elevada para poder llevarla a cabo.

Por este motivo la anterior gráfica no sirve para la comparación con los escenarios Shell, sin embargo, nos sirve como guía para realizar una comparativa más real.



Gráfica 29. Previsión de energía primaria. Andalucía 2030

En esta gráfica se ha tenido en cuenta esta ligera restricción de la capacidad de red. Se ha considerado, de manera optimista, que en esta década casi triplicará su capacidad. Además se puede apreciar como la energía proveniente del petróleo o biocombustibles apenas cambia, sin embargo, se elimina el carbón y las energías renovables suponen en torno al 85% de la energía producida en la comunidad.

Esta gráfica no se corresponde con los escenarios Shell para los años 2025 ó 2050. Estas expectativas en el ámbito de las energías renovables son claramente superadas y demuestra la apuesta de Andalucía por las energías renovables.

8.2. **Ámbito tecnológico**

Andalucía no es ajena a los avances energéticos y continúa apostando por las tecnologías orientadas a la sostenibilidad.

Andalucía, como líder en energías renovables e importadora de energía para el transporte, tiene la oportunidad de convertirse en productora de su propio combustible, para llegar a ser exportadora de dicho combustible limpio y sostenible.

Pila de hidrógeno

En España, las comunidades autónomas desarrollando esta tecnología son Aragón, Galicia y Madrid especialmente. Con respecto a Andalucía, la investigación es exclusiva de las pilas de hidrógeno con respecto al transporte, a pesar de esto, la comunidad cuenta con 22 grupos de investigación cuya área de trabajo incluye al hidrógeno y/o a las pilas de combustible.

Captura y almacenamiento de carbono

Esta tecnología aún no está implantada prácticamente, sin embargo, el Proyecto GEACO tiene como objetivo la captura del dióxido de carbono e impedir su salida al exterior. Este proyecto se sitúa en León, Valladolid y Palencia y por lo tanto, en Andalucía aún no.

Vehículo eléctrico

Como se vio previamente, tanto en el mundo como en España crecen cada año las ventas de vehículos eléctricos, sin embargo no llegan a las expectativas creadas.

Andalucía está sufriendo una caída en sus matriculaciones tanto en 2019 como en 2020. En 2019 la venta de coches eléctricos a particulares se situó en 204 vehículos en toda Andalucía, una cifra insignificante para el crecimiento que debe tener para lograr tener un transporte sostenible en la comunidad autónoma.

Según la (Dirección General de Tráfico), Andalucía alcanzó la cifra de 7593 vehículos eléctricos, siendo 2045 coches. Estos valores demuestran que aún queda mucho camino por recorrer, sin embargo, comparándolos con el progreso mundial podemos obtener una serie de diferencias.

En Andalucía se encuentra un vehículo eléctrico por cada 1100 habitantes, esta cifra de habitantes se triplica en el ámbito mundial. En cambio, la comparación de Andalucía con España demuestra que aún se debe mejorar en la comunidad autónoma, ya que en el país existe un coche eléctrico por cada 618 habitantes.

Biocombustibles

Tanto en el ámbito mundial como en España y en Andalucía, se está progresando, aunque no a la velocidad que se esperaba a estas alturas de siglo. En el sector la prioridad es proporcionar combustibles de alta densidad energética y baja huella de carbono para conseguir el objetivo del transporte sostenible.

No obstante, ni en España ni en Andalucía se está trabajando la posibilidad de avanzar hacia la rama de emisiones negativas donde se captura y almacena el carbono.

En Andalucía, los fallos en la planificación han supuesto un retraso en la producción debido a la sobreestimación realizada previamente.

Asimismo, se continúa investigando biocombustibles de segunda y tercera generación para que ambos puedan, junto con la electricidad, ser los combustibles del transporte sostenible que se requiere.

8.3. Propuesta de prospectiva para Andalucía

Como se ha visto anteriormente, Andalucía tiene un gran potencial en el sector de las energías renovables, debido a esto se pueden tomar decisiones para seguir el camino marcado internacionalmente por el Acuerdo de París de 2015.

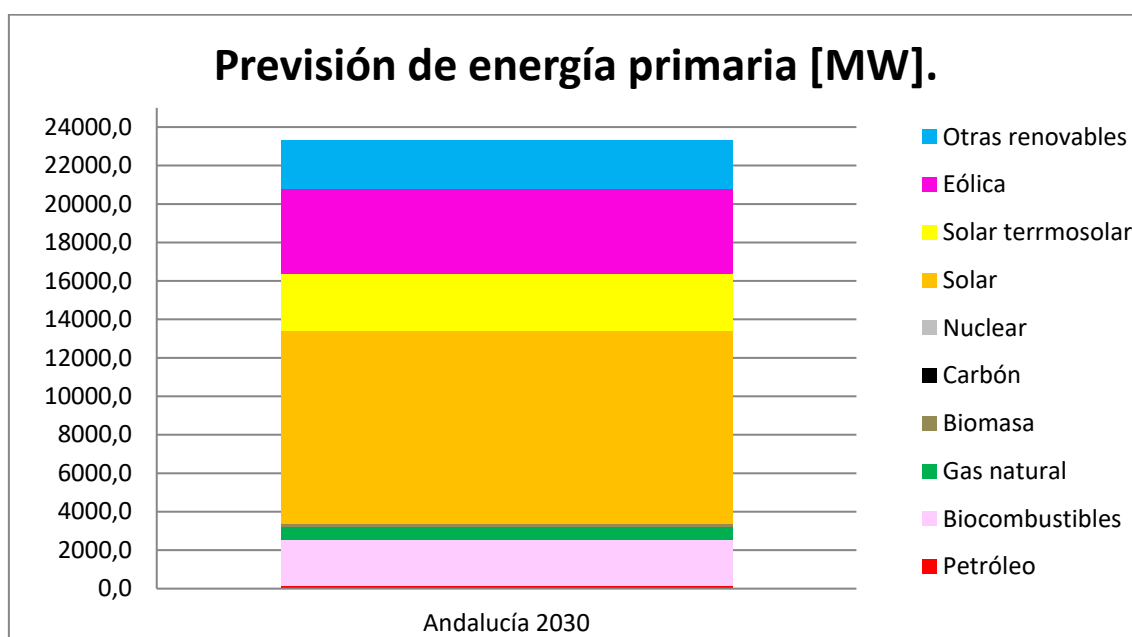
En este estudio se va a proceder a realizar una propuesta para servir de base para la comunidad autónoma buscando que se produzca en su mayor parte energía limpia y sostenible.

Previamente se ha visto que la energía eólica y sobretodo la energía solar son las predominantes en el sur del país, por lo que se plantean como bases de la propuesta.

En primer lugar, la Junta de Andalucía consideró que la potencia solar fotovoltaica a instalar en la comunidad debía ser mínimo de 10.000 MW, a pesar de esto, con el borrador del PNIEC, la Junta de Andalucía se propuso conseguir en 2030 una potencia instalada proveniente de la energía solar

fotovoltaica de más de 25.000 MW, lo cual nos muestra la tremenda importancia de esta fuente renovable

Para la previsión para Andalucía, se consideró el primer valor para la energía solar fotovoltaica ya que aun siendo menor, sigue siendo un valor alto, por lo que la previsión se realizó en base a este dato como se muestra en la siguiente gráfica, la cual fue utilizada en el apartado anterior:



Gráfica 30. Previsión de energía primaria. Andalucía 2030 sin restricciones

En esta gráfica se puede ver el gran peso de las energías renovables (aun considerando como potencia solar fotovoltaica a instalar “solo” de 10.000 MW), donde se cumpliría con el objetivo del Acuerdo de París en el ámbito energético.

En el desglose de las energías renovables, además de la ya vista energía solar, la energía eólica también sufre un gran aumento de la potencia instalada, mostrándose como el principal apoyo para liderar las energías renovables.

Además, dentro de la energía solar cabe destacar que un porcentaje es proveniente a la solar térmica, aún sin siendo menor que la solar fotovoltaica, también se encuentra en auge. España es el primer país del mundo en energía termosolar y en España, Andalucía es la comunidad con mayor producción de energía termosolar con un 43 % con respecto al país. Este auge se debe principalmente porque los costes han descendido un 47 % esta última década. (Farràs, 2019)

Por este motivo, España busca triplicar su producción de energía termosolar para el año 2030, ya que Andalucía es la comunidad autónoma con mayor radiación solar, la comunidad puede permitirse, al menos, triplicar también la potencia existente, alcanzando al menos 3.000 MW.

Dentro de las energías renovables mostradas en la gráfica como “Otras renovables” están incluidas la energía hidráulica, mareomotriz o biomásica entre otras, las cuales no pueden acercarse a las potencias anteriores, sin embargo son herramientas para contribuir a la diversidad energética.

Con respecto al consumo de los recursos fósiles, no se prevén variaciones en la energía proveniente del petróleo o gas natural, no obstante, si se prevé una gran variación en cuanto al carbón, ya que toda la potencia proveniente del carbón se eliminará en el año 2021.

De esta manera, las principales tecnologías se muestran en la siguiente tabla comparativa:

	Potencia en Andalucía en 2019 [MW]	Objetivo 2030 [MW]
Petróleo	138,3	138,3
Biocombustibles	1561	2392,9
Gas natural	700	700,5
Biomasa	228	153,9
Carbón	2072	0,0
Nuclear	0	0,0
Solar	887,6	10000,0
Eólica	3324,4	4424,4
Otras renovables	650,1	2513,7
Solar termosolar	997,4	3000

Tabla 24. Comparativa de las potencias Andalucía 2019 - Andalucía 2030. (Según planificación andaluza)

En esta tabla se muestra el sistema eléctrico de la comunidad, donde se puede ver la comparación entre la potencia instalada actualmente en Andalucía con el objetivo marcado para el 2030 según la planificación andaluza. Aquí se puede apreciar como las tecnologías que más cambio necesitan son la energía eólica, termosolar y principalmente la solar fotovoltaica donde se prevé un crecimiento mayor de un 1000%. En cambio la energía eléctrica proveniente del carbón se eliminaría por completo.

En cambio, el resto de tecnologías no han sido incluidas en la tabla debido a la baja evolución de todas ellas.

El uso de la energía solar térmica para satisfacer las diferentes demandas térmicas existentes en los sectores de la edificación, industrial y agropecuario tampoco se encuentra en la comparativa, sin embargo, en

España y en concreto en Andalucía es una de las formas más eficientes y económicas de aprovechar el recurso solar

Su utilización supone la reducción del consumo de energía primaria y de emisiones de CO₂ ya que sustituye a otras formas energéticas. De esta manera supone una mejora en la eficiencia energética de los edificios e industrias.

El desarrollo tecnológico y la alta fiabilidad de las instalaciones permite una fácil integración en los edificios e industrias y otra gran ventaja es su mínima necesidad de mantenimiento y disposición de sistemas de control para su seguimiento remoto.

Sin embargo en el ámbito tecnológico existe otro punto el cual se podría tratar como es el transporte sostenible:

Este punto es realmente importante en la comunidad ya que gran parte de las emisiones de CO₂ provienen del transporte, sin embargo, el crecimiento de los biocarburantes o el desarrollo del vehículo eléctrico no es el óptimo.

En Andalucía contamos con el mayor número de plantas de biocarburantes activas y su planificación fue sobreestimada, esta producción podría verse beneficiada si se apostase por esta tecnología adaptando el bajo consumo actual con la producción estimada. De esta manera las plantas tendría un mejor rendimiento y las emisiones de CO₂ se reducirían al consumir menos recursos fósiles.

Además, debido a esta sobreestimación, conlleva que no sea necesario centrarse en aumentar aún más la energía proveniente de biocarburantes, sino concentrar los esfuerzos en la investigación y desarrollo de biocarburantes de 2º y 3º generación así como promoverlos en la comunidad.

Otro aspecto importante es el vehículo eléctrico, es evidente la necesidad del desarrollo de este tipo de transporte, sin embargo los avances son lentos tanto en investigación como en ventas. Este evidente retraso se puede solucionar en parte con 2 acciones claves: Investigación e infraestructuras.

Investigación: el desarrollo en el sector de un vehículo con una mayor autonomía y eficiencia puede ayudar a un aumento clave en las ventas y por lo tanto al objetivo primario de la reducción de emisiones.

Infraestructuras: este punto es clave para tener un transporte sostenible en la comunidad, con una infraestructura importante en la comunidad con una gran cantidad de puntos para recargar el coche se podría influir positivamente en la mentalidad de los ciudadanos para comprar un vehículo de estas

características. Este factor, aunque es clave en las ventas tiene un gran problema el cual difícilmente se puede superar: el coste y el tiempo necesario.

El coste para dotar a la comunidad de las infraestructuras necesarias es inasumible y en el ámbito temporal hay que decir que Andalucía va tarde. A pesar de esto la planificación no debe detenerse por estos hechos, al revés, debe hacerse más hincapié en ello.

Se debe apostar por comenzar a apostar en ambos puntos, una investigación fuerte que permita el avance en este sector y comenzar con la planificación y creación de una infraestructura sólida.

Las tecnologías de captura de carbono y pilas de hidrógeno pueden ser de ayuda si Andalucía decide apostar también por ellas, sin embargo están muy lejos de servir como base en el ámbito del transporte sostenible, por lo que los esfuerzos deben centrarse en los biocarburantes y el vehículo eléctrico.

Estos factores junto con el ámbito energético de la comunidad pueden poner a la comunidad en una muy buena posición para lograr cumplir con los objetivos del Acuerdo de París y además tener una muy buena comparativa con el escenario Sky, el cual debería ser el espejo en el que mirarse.

Otro punto clave para la transición energética es el peso de las energías renovables dentro del conjunto total. Según el PNIEC, el porcentaje de energías renovables en la generación eléctrica debe ser como mínimo del 74%, un porcentaje elevado si tenemos en cuenta que el porcentaje en el año 2018 fue del 17,7 %. Estos valores muestran la distancia existente, la cual se debe de superar en la próxima década. Sin embargo, según los datos esperados para el año 2030, el porcentaje esperado esta en torno al 85 %.

9. CONCLUSIONES

Como se ha visto en el estudio, tanto mundialmente como en España, el consumo de recursos fósiles es actualmente la base energética, siendo mundialmente del 85% del consumo total y 73,51% en España siendo valores muy elevados. En España este valor es algo menor debido a la nula existencia de este tipo de recursos.

Los estudios energéticos que han sido analizados consideran los diferentes parámetros los cuales son indicadores importantes como son los aspectos económicos, políticos o demográficos. El análisis de estos parámetros muestra el posible camino que tomará el mundo en el tiempo, siendo algunos de estos como la población mundial, la demanda energética o el COVID-19 por ejemplo.

En España el PNIEC es la principal referencia en términos de planificación energética y establece como objetivos para el año 2030, de manera resumida, la reducción en un 23% de emisiones de gases de efecto invernadero con respecto al año 1990, alcanzar un 42% de renovables sobre el uso final de la energía, una eficiencia energética de al menos un 39,5% y en la generación eléctrica que el 74% provenga de fuentes renovables.

En lo que respecta a la comunidad andaluza, la planificación de referencia es la Estrategia Energética 2020 y posteriormente, Andalucía Horizonte 2050, las cuales marcan, no solo el objetivo, sino también el camino a seguir.

Además, la Agencia Andaluza de Energía cifra en 300.000 MW los recursos de origen renovable, dato que se divide en un 81% en proyectos fotovoltaicos, un 8,2% en eólicos, un 6,3% para proyectos termosolares, un 3,5% para eólica marina y el resto para proyectos biomásicos.

Para elaborar la propuesta de prospectiva energética de Andalucía se han considerado por una parte su integración con la planificación energética nacional, extrapolando los valores objetivos nacionales a la realidad andaluza, y por otra parte analizando su coherencia con los escenarios internacionales.

Se ha estudiado a fondo los escenarios elaborados por el grupo Shell, tanto los previos como los posteriores al Acuerdo de París de 2015 y se han extraído los factores que van a influir en la prospectiva andaluza, entre los que podemos destacar la reducción de emisiones de CO₂ y el aumento de la potencia instalada proveniente de fuentes renovables, estos factores estarían basados en la eficiencia energética y en el progreso de nuevas tecnologías como el vehículo eléctrico, por ejemplo.

La propuesta final elaborada para Andalucía presenta una potencia instalada total mínima de 23.500 MW, donde destaca la energía solar con una producción entre 10.000 y 25.650 MW en el año 2030. Con estos datos se puede concluir que la potencia proveniente de fuentes renovables supera los objetivos establecidos por el PNIEC.

Bibliografía

- Acceso a datos de radiación solar de España.* (s.f.). Obtenido de ADRASE:
<http://www.adrase.com/>
- Aedive.* (s.f.). Recuperado el 2020, de <https://aedive.es/>
- Agencia Andaluza de la Energía.* (s.f.). Recuperado el 2020, de
<https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/es>
- (s.f.). *Andalucía Horizonte 2050.*
- Asociación de Empresas de Energías Renovables (APPA).* (2020). Obtenido de
www.appa.es
- BP.* (s.f.). Recuperado el 2020, de <https://www.bp.com/>
- (2017). *Datos energéticos de Andalucía 2017.*
- (s.f.). *Datos energéticos de Andalucía 2018.*
- Dirección General de Tráfico.* (s.f.). Recuperado el 2020, de DGT: www.dgt.es/es/
- El País.* (s.f.). Obtenido de <https://elpais.com/>
- El parque solar más grande de Andalucía tendrá 200 megavatios de potencia y 2.000 horas de sol. (24 de Febrero de 2020). *Energías renovables.*
- El parque solar más grande de Andalucía tendrá 200 megavatios de potencia y 2.000 horas de Sol. (24 de Febrero de 2020). *Energías renovables.*
- Enerdata.* (s.f.). Recuperado el 2020, de www.datos.enerdata.net
- Enerdata. Anuario estadístico mundial de energía 2020.* (s.f.). Recuperado el 2020, de
www.datos.enerdata.net
- Energía, A. A. (2018). *Datos Energéticos de Andalucía 2018.*
- (s.f.). *Estrategia Energética de Andalucía 2020.*
- EV-volumenes.* (s.f.). Obtenido de <http://www.ev-volumes.com>
- Farràs, L. (30 de 11 de 2019). Nuevos rayos de sol para la termosolar ¿el futuro energético de España? *La Vanguardia.*
- Gobierno de España.* (s.f.). Recuperado el 2020, de Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico: www.energia.gob.es/es-es/Paginas/index.aspx
- Iberdrola.* (s.f.). Recuperado el 2020, de www.iberdrola.com

- IDAE. (s.f.). Recuperado el 2020, de Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía: <https://www.idae.es/>
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (s.f.). Recuperado el 2020, de www.idae.es
- Intelec. (s.f.). Recuperado el 2020, de <http://www.intelec-ingenieria.com/>
- Junta de Andalucía. (s.f.). Recuperado el 2020, de www.juntadeandalucia.es/index.html
- (2018). *Los Biocarburantes en Andalucía*.
- Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. (s.f.). Recuperado el 2020, de www.mincotur.gob.es/es-es/Paginas/index.aspx
- Montoro, L. (8 de Septiembre de 2020). El gigante Shell aterriza en el sector renovable andaluz. *ABDdesevilla*.
- Naciones Unidas. (s.f.). Recuperado el 2020, de www.un.org/es/
- Naturgy - San Martín del Tesorillo. (2020). *La empresa Naturgy inaugura su nuevo parque eólico en San Martín del Tesorillo*.
- Noceda, M. Á. (26 de Febrero de 2019). Inversiones de Iberdrola en España. *Iberdrola dispara su plan de inversiones en España a 8.000 millones hasta 2022*.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (s.f.). Recuperado el 2020, de www.oecd.org
- Pereira, M. (24 de Junio de 2019). La Junta de Andalucía recibe 431 solicitudes para instalar parques fotovoltaicos. *ABCdesevilla*.
- (2007). *Plan andaluz de sostenibilidad energética*.
- (s.f.). *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC)*.
- (2020). *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima*.
- Red Eléctrica Española. (s.f.). Recuperado el 2020, de www.ree.es/es
- Rodríguez, A. (11 de Enero de 2020). NNaturgy inaugurará el parque eólico El Tesorillo en febrero.
- Shell. (s.f.). Recuperado el 2020, de www.shell.es
- Statista. (s.f.). Recuperado el 2020, de <https://es.statista.com/estadisticas/635122/evolucion-de-la-poblacion-mundial/>
- Triguero, N. (10 de Diciembre de 2019). Iberdrola - Málaga. *Iberdrola construirá un nuevo parque eólico y varios fotovoltaicos en Málaga*.
- World Energy Outlook. (Noviembre de 2010). Recuperado el 2020, de <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2010>

World Energy Outlook 2011. (s.f.). Recuperado el 2020, de iea.org/reports/world-energy-outlook-2011

Worldometer. (s.f.). Recuperado el 2020, de worldometers.info