



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

LA LUCHA CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO. LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA COMO OPORTUNIDAD PARA LAS EMPRESAS DE ENERGÍAS RENOVABLES Y PARA LA ECONOMÍA ESPAÑOLA

Autor: Marta Marqués Dabouza

Director: Gloria Martín Antón

MADRID | Abril 2019

INDICE

I. PALABRAS CLAVE / KEYWORDS.....	3
II. ABREVIATURAS	3
III. RESUMEN / SUMMARY	4
RESUMEN.....	4
SUMMARY	8
1. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Objetivos	13
1.2. Metodología	14
1.3. Estructura.....	15
2. CAMBIO CLIMÁTICO. CUMBRES INTERNACIONALES	17
2.1. Definición de cambio climático	17
2.2. Efectos del cambio climático.....	17
2.3. El Protocolo de Kioto (1997)	19
2.4. Cumbre de París COP 21 (2015).....	19
2.5. Salida de EEUU del Acuerdo de París con Trump y sus consecuencias	22
2.6. Cumbres posteriores a la COP 21	24
3. POLÍTICAS EUROPEAS.....	26
3.1. Estrategias y Objetivos Climáticos.....	26
3.2. Paquete de medidas sobre Clima y Energía a 2020	26
3.3. Marco sobre Clima y Energía para 2030.....	28
3.4. Una economía baja en carbono en 2050.....	30
3.5. Nueva Directiva de Renovables.....	33
4. TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN ESPAÑA	35
4.1. Situación energética actual de España y el papel de las renovables.....	35
4.2. Informe de la Comisión de Expertos sobre Transición Energética	36
4.2.1. Consideraciones previas	36
4.2.2. Objetivos.....	38
4.3. Ley de Cambio Climático y Transición Energética, y Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2030.....	41
4.4. Oportunidades para la economía española	42
5. ANÁLISIS DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES	46
5.1. Tipos de energía y tipología de instalaciones	46
5.1.1. Energía eólica	46
5.1.2. Energía solar fotovoltaica.....	49
5.2. Comparativa de costes energéticos por tipo de energía.....	52
5.3. Tecnologías con mayor potencial de desarrollo en la transición energética en España	54
5.4. Desglose de costes por tipo de energía	54
5.4.1. Eólica.....	55

5.4.2. Solar fotovoltaica	56
6. RADIOGRAFÍA DEL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES ESPAÑOL	58
6.1. Asociaciones empresariales.....	58
6.2. Principales empresas promotoras	60
6.3. Empresas fabricantes de equipos y componentes. Caso Vasco	61
7. IMPACTO MACROECONÓMICO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN LA ECONOMÍA ESPAÑOLA	64
7.1. Análisis previos realizados por asociaciones e instituciones	65
7.1.1. Greenpeace.....	65
7.1.2. AEE (Asociación Empresarial Eólica).....	66
7.1.3. UNEF (Unión Nacional Fotovoltaica).....	67
7.1.4. APPA (Asociación de Productores de Renovables)	68
7.2. Análisis APPA del impacto del sector de las energías renovables en la economía española en 2017	68
7.3. Una primera aproximación al impacto macroeconómico de la transición energética al 2030 en España	70
7.3.1. Indicadores seleccionados	70
7.3.2. Metodología desarrollada	71
7.3.3. Resultados	73
8. CONCLUSIONES	76
9. GLOSARIO DE TÉRMINOS	78
10. BIBLIOGRAFÍA.....	80
10.1. Artículos y Publicaciones.....	80
10.2. Páginas Web (gobiernos, empresas, asociaciones)	81
10.3. Legislación.....	82
11. ÍNDICE DE FIGURAS Y FOTOGRAFÍAS	83
11.1. Figuras	83
11.2. Fotografías	83
12. ANEXOS.....	84

I. PALABRAS CLAVE / KEYWORDS

Cambio climático, Transición energética, Energía eólica, Energía solar fotovoltaica, Impacto macroeconómico, Empleo, PIB (Producto Interior Bruto).

Climate change, Energy transition, Wind energy, Photovoltaic solar energy, Macroeconomic impact, Employment, GDP (Gross Domestic Product).

II. ABREVIATURAS

- AEE: Asociación Empresarial de Energía Eólica
- AELEC (antes, UNESA): Asociación Española de Empresas Eléctricas
- AIE: Agencia Internacional de la Energía
- APPA: Asociación Española de Productores de Energías Renovables
- CO₂: Dióxido de Carbono
- COP 21: Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) celebrada en París en diciembre de 2015
- EEUU: Estados Unidos
- ENERCLUB: Club Español de la Energía
- GEIs: Gases de Efecto Invernadero
- Grupo IPCC: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático o Panel Intergubernamental del Cambio Climático de la ONU
- IRENA: International Renewable Energy Agency (Agencia Internacional de las Energías Renovables)
- NCE: New Climate Economy
- OEM: Original Equipment Manufacturer
- OIT: Organización Internacional del Trabajo
- PNIEC 2030: Plan Nacional Integrado de Energía y Clima al 2030
- PIB: Producto Interior Bruto
- RCDE: Régimen de Comercio de Derechos de Emisión

- SGRE: Siemens Gamesa Renewable Energy
- UE: Unión Europea
- UNEF: Unión Española de Fotovoltaica

III. RESUMEN / SUMMARY

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objeto evaluar el impacto macroeconómico que supondría para la economía española, llevar a cabo una estrategia de transición energética de lucha contra el cambio climático para el año 2030 basada en el impulso y desarrollo de las energías renovables, principalmente energía eólica y solar fotovoltaica.

Los científicos del IPCC vaticinan qué si el ser humano no toma medidas para la reducción de la emisión de gases GEIs, la temperatura media global del planeta subirá entre 3,7 y 4,8°C en 2100 respecto al nivel preindustrial (años 70 del siglo XX). Estos, además, advierten que la situación creada es irreversible al existir ya un cambio climático real debido a los GEIs que el hombre lleva tiempo emitiendo, lo que ha provocado que la temperatura media global haya aumentado.

De ahí que la Comunidad Internacional, desde la primera cumbre de Kioto en 1997 hasta la más reciente de Katowice (Polonia) en diciembre de 2018, este intentando alcanzar acuerdos y compromisos que unifiquen estrategias y políticas en su lucha contra este cambio climático. Fue la Conferencia de París (COP 21) la que supuso un antes y un después en materia de los compromisos internacionales. En ella se concluyó que el sector energético era uno de los principales causantes del cambio climático y a los países firmantes (cerca de 200) se les obligó a fijar nuevos objetivos de reducción de emisiones de CO₂, de manera que la temperatura global del planeta en 2100 no fuese superior a 2°C respecto a los niveles preindustriales.

Este proceso de lucha contra el cambio climático no está siendo fácil y está teniendo muchos altibajos e incertidumbres, como la provocada por la decisión de Donald Trump de sacar a EEUU del Acuerdo de París.

En el caso de la UE, los acuerdos alcanzados en las distintas Cumbres Internacionales han obligado a revisar todas sus Políticas y Directivas en materia de eficiencia energética y renovables, como es el caso de la Directiva de Renovables que ha elevado el objetivo de participación de estas en el consumo energético de la UE para el 2030 del 27% al 32%. Alcanzar este acuerdo no ha sido fácil debido a las diferencias existentes en el denominado *trílogo* formado por el Parlamento Europeo, la Comisión Europea y los países que forman la UE.

La UE ha elaborado distintos documentos estratégicos al horizonte 2020, 2030 y 2050 para conseguir los objetivos antes señalados:

- “Paquete de medidas sobre Clima y Energía a 2020”.
- “El marco sobre Clima y Energía para 2030”.
- “Hoja de ruta para una economía baja en carbono en 2050”.

En España, en julio del 2017, el Gobierno encargó a un grupo de expertos (14) designados por los partidos políticos del Parlamento Español, la elaboración de un informe sobre “Transición Energética” que diese respuesta de manera eficiente a los compromisos asumidos por la UE y España en la COP 21.

El informe de la Comisión de Expertos incluye en su análisis un escenario denominado “Caso Base” y es el marco que se considera en este trabajo, que consiste en el estudio del impacto macroeconómico que tendría en la economía española en el año 2030 cumplir con los objetivos en energías renovables (energía eólica y solar fotovoltaica). Para ello se prevé incrementar la potencia eólica instalada en España en 8.137 MW y 42.726 MW de fotovoltaica. Los indicadores que se analizan son los relativos a: inversiones realizadas, subcontratación a empresas españolas, contribución al PIB, empleo generado, gasto en I+D, emisiones de CO₂ evitadas, ahorro económico en la compra de derechos de emisión y ahorro en la importación de combustibles fósiles.

Con posterioridad, en junio de 2018, con el cambio de Gobierno y la creación del Ministerio para la Transición Ecológica, se inició la elaboración de una Ley de Cambio Climático y Transición Energética y un Plan Nacional Integrado de Energía y Clima al 2030 (PNIEC 2030). Todo ello, en cumplimiento de los compromisos asumidos por la

UE en pos de avanzar hacia la descarbonización total del sector energético español al 2050.

España cuenta con un entramado de asociaciones del sector de renovables, APPA, UNEF y AEE, así como de empresas españolas líderes en el sector, Iberdrola y Acciona Energía, dos de los principales *players* a nivel mundial. También regiones españolas, como País Vasco y Navarra, cuentan con numerosas empresas y centros tecnológicos con actividad relevante en el sector eólico.

Las asociaciones antes citadas, instituciones y entes, entre ellas Greenpeace, son conscientes de la capacidad de generación de riqueza de las energías renovables y realizan periódicamente estudios de impacto, que luego utilizan en su labor de *lobby* ante los gobiernos para que desarrollen marcos regulatorios y políticas energéticas en favor de las energías renovables.

Analizados estos estudios de impacto macroeconómico en la economía española, se han identificado los siguientes indicadores para su aplicación en nuestro estudio:

- Ahorro en importaciones energéticas (M€).
- Emisiones evitadas de CO₂ al reducir la quema de combustibles fósiles (M€).
- Ahorro económico en la compra de derechos de emisión (M€).
- Aportación al PIB nacional (M€).
- Empleo generado (Nº de empleos).
- Gasto en I+D (M€).
- Inversiones a realizar (M€).
- Subcontratación a empresas españolas (M€).

Calculados y cuantificados estos indicadores, a partir de la información disponible en los diferentes planes y estrategias de transición energética en materia eólica y solar fotovoltaica, los resultados que se obtienen son los siguientes:

IMPACTOS	EÓLICA	SOLAR FOTOVOLTAICA	TOTAL
Incremento de potencia renovable (MW)	8.137	42.726	50.863
Incremento de producción de energía eléctrica renovable (GWh/año)	17.333,80	87.850,71	105.184,51
Ahorro en importaciones energéticas (M€)	2.982,60	12.096,82	15.079,42
Emisiones evitadas CO ₂ (t)	42.352.849	171.774.811,34	214.127.660,34
Ahorro económico en compra de derechos de emisión (M€)	2.117,64	8.588,74	10.706,38
Aportación al PIB español (M€)	84.384,09	274.002,45	358.386,54
Incremento de empleo generado (nº empleos)	12.627,99	372.982,05	385.610,04
Gasto en I+D (M€)	2.531,52	8.220,07	10.751,59
Inversiones (M€)	10.242,70	27.187,84	37.430,54
Subcontratación a empresas españolas (M€)	10.242,70	16.312,70	26.555,4

Figura. Cuadro resumen impacto macroeconómico. Elaboración propia.

Analizados y comparados los datos obtenidos, se concluye que los impactos acumulados más relevantes en el período 2018-2030 son:

- Ahorro económico para España en importaciones energéticas y compra de derechos de emisión superior a 25.000 millones de euros.
- Generación de empleo estable próximo a 400.000 nuevos puestos de trabajo.
- Gasto en I+D e Innovación superior a 10.000 millones de euros.
- Inversiones cercanas a 40.000 millones de euros, con una subcontratación prevista a empresas españolas de 30.000 millones de euros.

Estos resultados confirman la oportunidad que supone para España llevar a cabo una estrategia energética basada en renovables, no solo por sus ventajas ambientales, si no también macroeconómicas.

SUMMARY

The purpose of this work is to evaluate the macroeconomic impact on the Spanish economy of pursuing an energy transition strategy to combat climate change by 2030, based on the promotion and development of renewable energies, mainly wind and solar photovoltaic.

IPCC scientists predict that if humans do not take measures to reduce GHG emissions, the average global temperature of the planet will rise between 3.7 and 4.8°C by 2100 in relation to pre-industrial levels (1970s). They also warn that the situation is irreversible as climate change is already a reality due to the GHGs that man has been emitting for some time, which has caused the global average temperature to rise.

It is for this reason that the International Community, since the first Kyoto summit in 1997 through to the most recent one in Katowice (Poland) in December 2018, has been trying to reach agreements and secure commitments that align strategies and policies in its fight against this climate change. The Paris Conference (COP 21) marked a before and after in terms of international commitments. It concluded that the energy sector was one of the main causes of climate change and the signatory countries (nearly 200 of them) were forced to set new CO₂ emission reduction targets, so that the global

temperature of the planet in 2100 would not be higher than 2°C in relation to pre-industrial levels.

This whole process of combating climate change is not proving to be easy, with many vagaries and uncertainties such as the decision by Donald Trump to take the US out of the Paris Agreement. In the case of the EU, agreements reached at the various international summits have made it necessary to review all its policies and directives on energy efficiency and renewables, such as the Renewables Directive, which has raised the target for renewable energy participation in EU energy consumption from 27% to 32% by 2030. Reaching this agreement has not been easy due to the differences of the so-called trilogue of the European Parliament, the European Commission and the nation-states that make up the EU.

The EU has drawn up various strategic documents for 2020, 2030 and 2050, to deliver the aforementioned targets:

- “2020 EU Climate and Energy Package”.
- “2030 Climate and Energy Framework”.
- “Road map for a low carbon economy by 2050”.

In July 2017, the Spanish Government commissioned a select group of 14 experts, specifically selected by the political parties with representation in the Spanish Parliament, to draw up a report on the “Energy Transition” to effectively address the commitments taken on by the EU and Spain at the COP 21. In its analysis, the report includes a base case scenario: this same scenario is used as the framework for consideration in this paper. The scenario consists of a study of the macroeconomic impact on the Spanish economy in 2030 of delivering the renewable (wind and solar photovoltaic) energy targets. An 8,137 MW increase of installed wind power and 42,726 MW increase of solar photovoltaic is also envisaged. The indicators chosen for analysis are: investment made, subcontracting to Spanish companies, contribution to GDP, jobs created, expenditure on R&D, CO₂ emissions avoided, cost savings in emissions trading and savings in fossil fuel imports.

Subsequently, in June 2018, with the change of Government and the creation of the Ministry for Ecological Transition, the drafting of a Climate Change and Energy

Transition Act and an Integrated National Energy and Climate Plan to 2030 (PNIEC 2030 by its Spanish acronym) began. All of this was done in compliance with the commitments undertaken by the EU to move towards total decarbonisation of the Spanish energy sector by 2050.

There are several renewable energy associations (APPA, UNEF and AEE) and Spanish companies which are leaders in the sector, two of which, Iberdrola and Acciona Energía, are world leaders. In addition, Spanish regions such as the Basque Country and Navarra have numerous companies and technology centres with relevant activity in the wind energy sector.

The aforementioned associations, institutions and bodies, including Greenpeace, are aware of the wealth-generating capacity of renewables and regularly conduct impact studies, which they then use in their lobbying work with governments to develop regulatory frameworks and energy policies in favour of renewable energies.

Having analysed these studies on the macroeconomic impact on the Spanish economy, the following indicators have been identified for use in this paper:

- Savings in energy imports (million EUR).
- CO₂ emissions avoided through a reduction in the burning of fossil fuels (million EUR).
- Cost savings in emission trading (million EUR).
- Contribution to Spanish GDP (million EUR).
- Jobs created (number of jobs).
- Expenditure on R&D (million EUR).
- Investment made (million EUR).
- Subcontracting to Spanish companies (million EUR).

After calculating and quantifying these indicators, and based on the information available in the different energy transition plans and strategies in the areas of wind and solar photovoltaic, the results obtained are as follows:

IMPACT	WIND	SOLAR PHOTOVOLTAIC	TOTAL
Increased capacity from renewable sources (MW)	8,137	42,726	50,863
Increase in power generation from renewables (GWh/year)	17,333.80	87,850.71	105,184.51
Savings in energy imports (million EUR)	2,982.60	12,096.82	15,079.42
CO ₂ emissions avoided (t)	42,352,849	171,774,811.34	214,127,660.34
Cost savings in emission trading (million EUR)	2,117.64	8,588.74	10,706.38
Contribution to Spanish GDP (million EUR)	84,384.09	274,002.45	358,386.54
Jobs created (number of jobs)	12,627.99	372,982.05	385,610.04
Expenditure on R&D (million EUR)	2,531.52	8,220.07	10,751.59
Investments (million EUR)	10,242.70	27,187.84	37,430.54
Subcontracting to Spanish companies (million EUR)	10,242.70	16,312.70	26,555.4

Figure. Summary table of macroeconomic impact. Drawn up by author.

After due analysis and comparison of the data obtained, it can be seen that the most significant cumulative impacts over the period 2018-2030 are as follows:

- Financial savings for Spain in energy imports and emission trading in excess of EUR 25,000 million.
- Creation of stable employment (close to 400,000 new jobs).
- Expenditure on R&D+i in excess of EUR 10,000 million.
- Around EUR 400,000 million of investment, with subcontracting to Spanish companies envisaged at around EUR 30,000 million.

These results confirm the opportunity that pursuing a renewables-based energy strategy represents for Spain, not only on account of its environmental advantages but also its macroeconomic benefits.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivos

Se distinguirá entre objetivos generales y objetivos específicos, los primeros centrarán el ámbito y el alcance de la investigación del estudio y los segundos acotarán este ámbito.

- Objetivos generales:

1. Establecer las bases para la evaluación, mediante los indicadores adecuados, del impacto macroeconómico en la economía española de una estrategia basada en energías limpias y renovables.
2. Obtener los resultados relativos al impacto que supondría, para la economía española, llevar a cabo los objetivos recogidos en materia de energías renovables. Objetivos que se recogen en el Informe elaborado por la Comisión de Expertos de Transición Energética, o futuro Plan Nacional Integrado de Energía y Clima al 2030 (PNIEC 2030), que está desarrollando el Ministerio para la Transición Ecológica.

- Objetivos específicos:

1. Analizar los compromisos alcanzados en las cumbres internacionales celebradas en materia de lucha contra el cambio climático e identificar el papel a jugar por las energías renovables.
2. Analizar las diferentes políticas a nivel de la Unión Europea en materia de energía e identificar el papel y los objetivos en materia de energías renovables.
3. Analizar, en el marco de la estrategia española de transición energética al 2030, el rol a jugar por las energías renovables, identificando aquellas que se espera tengan un mayor desarrollo, así como oportunidades que se presentan para la economía y empresas españolas.
4. Determinar e identificar aquellos sectores y empresas de energías renovables en los que España ocupa una posición de liderazgo.

5. Estudio de los diferentes trabajos de investigación realizados sobre el impacto macroeconómico de las energías renovables en España.
6. Identificar y definir los indicadores más adecuados para su evaluación.

1.2. Metodología

Toda investigación requiere la utilización de una metodología, que será la que determine el método y las técnicas que se utilizarán para ir desplegando el tema de investigación elegido.

El método elegido empleará técnicas mixtas, tanto cuantitativas como cualitativas. Inicialmente se emplearán técnicas cuantitativas de observación, donde se trata de observar y estudiar el fenómeno sin en gran medida intervenir, ofreciendo así una primera visión del tema a estudio. La observación se utilizará en distintos momentos del proceso, en la etapa inicial para diagnosticar el problema y en las etapas intermedias simultaneándolo con el análisis de los datos observados.

Las técnicas o herramientas para llevar a cabo este trabajo parten de:

- Técnicas cuantitativas de observación y recopilación de datos desde los grandes acontecimientos a nivel mundial, analizando las distintas cumbres europeas, siguiendo con las políticas de distintos países y finalmente recabando los datos objetivos sobre el estado de la transición energética española:
 - a) Recopilación de información sobre las cumbres internacionales de lucha contra el cambio climático celebradas (Kioto y París, principalmente), las políticas y directivas europeas en materia de energía y la estrategia de transición energética en España al 2030 (Informe de expertos).
 - b) Recopilación de información de estudios y análisis realizados por diferentes asociaciones u organizaciones españolas (Asociación Española de Productores de Energías Renovables -APPA-, Asociación Empresarial Eólica -AEE-, Unión Nacional Fotovoltaica -UNEF- y Greenpeace) en relación al impacto macroeconómico de las energías renovables en la economía española.

- Técnicas cualitativas¹ de observación y análisis de contenido, que nos acercan a la comprensión en profundidad del problema planteado y que posteriormente darán lugar al conocimiento:
 - a) Análisis de la información fruto de la recopilación y observación anterior e identificación de estrategias, políticas, planes de acción y objetivos en energías renovables.
 - b) Vigilancia de la información del sector de las energías renovables en España a través del análisis de asociaciones sectoriales y empresas líderes.
 - c) Análisis de la información anterior e identificación de aquellos sectores con mayores fortalezas y oportunidades en España.
 - d) Identificar y definir los indicadores a analizar para calcular el impacto macroeconómico de las energías renovables en la economía española.
 - e) Realizar una estimación del impacto que supondría en la economía española la estrategia de transición energética en España al 2030, o el PNIEC 2030 que está elaborando el Ministerio para la Transición Ecológica en energías renovables.

1.3. Estructura

Este trabajo se estructura en ocho capítulos que desarrollan el tema desde posiciones globales hasta las conclusiones finales. Estos capítulos se suceden en diferentes fases del proceso de investigación:

La Fase Inicial: capítulo 1 –Introducción. Presenta la premisa de la que parte este estudio, sus objetivos generales y específicos, y la metodología empleada.

Fase de Información: capítulo 2 y 3 –Cambio climático, Cumbres Internacionales y Políticas europeas. Presentan el marco teórico y normativo. En ellos se plantea el estado de la cuestión y el porqué de su interés, los efectos del cambio climático y sus consecuencias. Se revisa y analiza la situación a nivel normativo mundial así como las distintas cumbres internacionales, desde Kioto en 1997 hasta el anuncio de la salida EEUU de los acuerdos de París y sus consecuencias a nivel mundial. Se revisarán

¹ Ruiz Olabuénaga, J.I. (1996). Metodología de investigación cualitativa

también las políticas europeas y sus declaraciones de intenciones de promover una economía baja en carbono y las nuevas directrices en energías renovables, estrategias, objetivos y conclusiones.

Fase de Investigación: capítulos 4 y 5 -Transición energética en España y el análisis de las energías renovables. Presentan ya la investigación objeto del trabajo. Se analiza la situación energética del país, así como el papel de las energías renovables y su proyección para la futura Ley de Cambio Climático y Transición Energética. En esta fase se realiza también un análisis comparativo de datos.

Fase de Redacción: capítulo 6, 7 y 8 - La radiografía del sector de las energías renovables españolas y el impacto macroeconómico de la transición energética. Se traslada la investigación al análisis concreto del sector en las empresas, motores de la economía y al impacto presente y futuro de esta transición energética en la economía española reflejado en los indicadores macroeconómicos.

El capítulo 8- Conclusiones. Reflexiona en qué medida se han cumplido los objetivos del trabajo. Cómo de las premisas iniciales, se llega a abordar el tema con planteamientos serios que proponen resultados interesantes y se suponen útiles para la comprensión de la importancia de este sector en la economía española.

Finalmente, el trabajo incluye las referencias bibliográficas y la legislación consultadas para llevar a término el estudio.

2. CAMBIO CLIMÁTICO. CUMBRES INTERNACIONALES

2.1. Definición de cambio climático

Se entiende por cambio climático el incremento de la temperatura causado por la acumulación de gases de efecto invernadero (GEIs) en la atmósfera, dióxido de carbono (CO₂) principalmente, lo que dificulta la salida a la atmósfera de las radiaciones infrarrojas que emite el planeta al calentarse y en consecuencia provoca que la temperatura del planeta aumente.

Aunque los gases GEIs siempre han estado en la atmósfera el problema, según los científicos del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático o Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC)² de la ONU, es que actividades humanas como la industria, el transporte y las plantas de producción de electricidad mediante la quema de combustibles fósiles (carbón y petróleo, principalmente) están provocando un desequilibrio y son las culpables en gran medida del aumento de la concentración de estos gases GEIs en la atmósfera.

Actualmente, existe un elevado consenso entre la comunidad científica sobre esta problemática tras muchos años de debate, discusiones y diferencias de opinión entre los expertos. Igualmente, los científicos coinciden en que la actividad de producción de electricidad debe ser uno de los sectores prioritarios sobre el que actuar. La solución pasaría por un proceso de transición de un sistema basado en la quema de combustibles fósiles a otro en energías renovables.

2.2. Efectos del cambio climático

² Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Disponible: http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml)

Los científicos del IPCC vaticinan que, si el ser humano no toma medidas para la reducción de la emisión de gases GEIs, la temperatura media global del planeta subirá entre 3,7 y 4,8°C en 2100 respecto al nivel preindustrial (años 70 del siglo XX).

Además del deshielo y subida del nivel del mar debido al aumento de la temperatura del planeta, los expertos indican que tendrá otras consecuencias catastróficas como inundaciones, sequías, ciclones. EEUU registró en 2014 alrededor de 30 fenómenos climatológicos extremos que, tras el análisis por expertos del por qué se habían producido, se concluyó que al menos en 14 casos, venían motivados por el cambio climático.



Fotografía n° 1. Efectos del huracán Katrina (2005) en el Golfo de Méjico. Provocó 1800 muertes

Los científicos advierten que la situación creada es irreversible al existir ya un cambio climático real debido a los GEIs que el hombre lleva tiempo emitiendo. Esto ha provocado que la temperatura media global haya aumentado. Ahora lo que se pretende es limitar ese incremento a 2°C en el año 2100 respecto a los niveles previos a la industrialización, para poder evitar así grandes y numerosos desastres naturales.

2.3. El Protocolo de Kioto (1997)

La 21ª Conferencia de las Partes (COP 21)³ celebrada en París en diciembre 2015 tiene como antecedente el Protocolo de Kioto (1997), en el que se fijaron metas concretas de reducción de GEIs de los países desarrollados. Al final solo se vincularon 37 países, de los que 28 eran de la Unión Europea (UE) y que en su conjunto apenas representaban el 12% del total de emisiones mundiales. Al margen del acuerdo de Kioto se quedaron grandes potencias emisoras como EEUU y China, al no ser este último un país desarrollado en 1997. Kioto entró en vigor en 2005, alcanzando diez años después una reducción del 22% de las emisiones en los 37 países firmantes, muy por encima del 5% fijado como meta. Aun así, al no estar las principales potencias mundiales entre los firmantes, las emisiones globales continuaron creciendo llegando al 24% entre 2000 y 2010.

2.4. Cumbre de París COP 21 (2015)

A la COP 21 asistieron los 195 países firmantes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)⁴. En este tratado internacional que data de 1992, se reconocía la importancia del calentamiento global. Los objetivos de la COP 21 fueron establecer medidas concretas y definir un protocolo post-Kioto para su aplicación a partir de 2020 y que los 195 firmantes llevaran a cabo políticas de reducción de emisiones, de manera que en 2100 la temperatura global del planeta no fuese superior a 2°C. Aun así, los países más perjudicados, como era el caso de los isleños por su elevado riesgo a la subida de los niveles del mar, pretendieron alcanzar un objetivo más exigente del 1,5°C, pero no fue posible.

³ Planelles, M, La cumbre de París cierra un acuerdo histórico sobre cambio climático, El País, 22 de junio de 2016.

Disponible: https://elpais.com/internacional/2015/12/12/actualidad/1449910910_209267.html

⁴ United Nations Climate Change. Disponible: <https://unfccc.int/es>

Para que no se repitiese lo sucedido en Kioto, se evitó imponer metas individuales de reducción de CO₂ por países, optando finalmente porque cada país (desarrollado y no desarrollado), voluntariamente presentase compromisos de reducción de emisiones. Unos días antes del inicio de la cumbre, 172 países lo habían hecho, incluidas las principales potencias económicas del mundo como se observa en la figura siguiente.

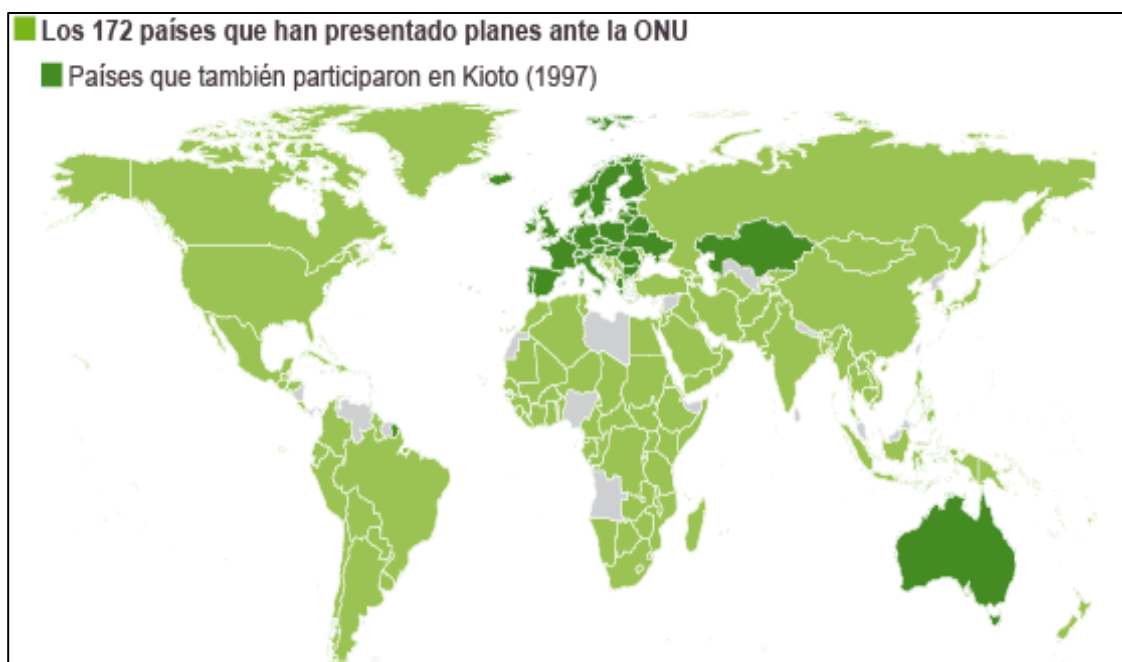


Figura n° 1. Países que han presentado planes de reducción de emisiones. Fuente: ONU (El País)

Aun así, los compromisos anteriores eran insuficientes, por lo que la UE y China propusieron como solución que los compromisos individuales se revisaran al alza cada cinco años hasta llegar a la meta de 2°C.

Uno de los asuntos de mayor complejidad en la cumbre de París, fue el relativo a la posible vinculación de los compromisos. La UE apostaba por que fuesen vinculantes, sin embargo, la Administración de EEUU, en aquel momento con Barack Obama como Presidente, lo descartó y renunció al mismo por las dificultades que podría suponerle, como sucedió en Kioto, que el Congreso y el Senado ratificasen un protocolo legalmente vinculante. La UE también renunció a que se incluyesen sanciones debido a

que esto podría hacer dudar a algunos países para firmar el acuerdo. Finalmente, el acuerdo se firmó, lo que fue motivo de muchas celebraciones.

Así, los resultados más destacados de la COP 21 fueron los siguientes:

- Evitar que el incremento de la temperatura del planeta supere 2°C respecto a los niveles preindustriales y promover esfuerzos adicionales para que el calentamiento global no supere 1,5°C.
- Reconocer la necesidad de que las emisiones globales alcancen techo lo antes posible, asumiendo que llevará más tiempo para los países en fase desarrollo.
- Comprometer a todos los países a que cada cinco años comuniquen y mantengan sus objetivos de reducción de emisiones, así como a la puesta en marcha de políticas y medidas nacionales para alcanzar dichos objetivos.
- Obligar a que cada cinco años (a partir de 2023) se haga un análisis de la situación del Acuerdo respecto al objetivo de 2°C.
- Crear a partir de 2020 un fondo de 100.000 millones de dólares anuales con la aportación de los países desarrollados, de manera que facilite el impulso del Acuerdo, objetivo que se revisará al alza antes de 2025. El destino de este fondo tiene como finalidad que los Estados con menos recursos económicos, puedan adaptarse al cambio climático con medidas como la protección contra el aumento del nivel del mar. Además, sirve para que esos países puedan crecer económicamente pero con bajas emisiones de CO₂.
- Reforzar la transparencia de las cuentas de la CMNUCC con el objetivo de fortalecer la confianza entre los países. Para ello se creará un sistema de información claro y común, basado en datos de emisiones y absorciones de gases de GEIs y de apoyo proporcionado y recibido.
- Establecer un Comité para facilitar la aplicación y cumplimiento del Acuerdo con carácter facilitador y no disciplinario.

El gran avance del Acuerdo de París (195 países) fue por encima de todo, que se reconoce la existencia del problema del cambio climático, responsabiliza al hombre del aumento de la temperatura y establece medidas para atajarlo.

2.5. Salida de EEUU del Acuerdo de París con Trump y sus consecuencias

La llegada de Donald Trump a la presidencia de EEUU y cumpliendo una de sus promesas electorales, supuso el anuncio de la salida⁵ de EEUU del Acuerdo de París para el Cambio Climático, que su predecesor Barak Obama había firmado. Trump consideraba que el Acuerdo iba en contra de los intereses americanos y que su puesta en práctica destruiría numerosos puestos de trabajo en sectores tradicionales de la economía americana (carbón y sectores intensivos en consumo energético), cuyos trabajadores en gran medida fueron votantes suyos. A ellos les debe en gran medida esa victoria que pocos vaticinaban.

La Administración de EEUU con Barak Obama al frente, al firmar este Acuerdo, se había comprometido a reducir sus emisiones contaminantes entorno a un 26-28% para 2025 respecto a los niveles de 2005. Los expertos estiman que al salirse del acuerdo solo lo hará en un 14%.

Su salida, sin embargo, no es inmediata. Esta fue una cuestión que se pactó para su inclusión en el Acuerdo y estableció que los países firmantes no podrían abandonarlo durante los primeros tres años. Además, tomada la decisión de salirse, su efectividad no se produciría hasta un año después. Así en teoría, EEUU deberá seguir formando parte del Acuerdo hasta 2020.

La realidad ha sido diferente ya que la Administración Trump, ha venido aprobando diferentes normativas que han desmantelado la política ambiental aprobada por su predecesor. Entre otras, ha eliminado las prohibiciones para realizar nuevas explotaciones de combustibles fósiles y ha dado vía libre a las extracciones de petróleo y gas en zonas costeras de EEUU que Obama había protegido. A esto se añade el anuncio de medidas para eliminar el Plan de Energía Limpia contra las emisiones, así como reducir los parques naturales y las restricciones ambientales a los vehículos.

⁵ Pereda, C, Qué ocurre con el acuerdo de París tras el abandono de Trump, El País, 2 de junio de 2017. Disponible: https://elpais.com/internacional/2017/05/31/estados_unidos/1496238308_555328.html



Fotografía n° 2. Extracción de petróleo en Alaska

Las consecuencias de esas medidas son que Estados Unidos seguirá siendo uno de los países más contaminantes del mundo (con sólo China por delante) y que no alcanzará sus objetivos en reducción de emisiones. Además, la Tierra sufrirá mayores cotas de calentamiento, las temperaturas medias se elevarán, se acelerará el deshielo en los Polos y subirá el nivel del mar.

California⁶ sin embargo, contrariando las indicaciones de Trump y siendo la economía más grande de EEUU, se ha comprometido por Ley a que toda su electricidad sea de origen renovable en 2045. Esta ley, debatida durante dos años, se aprobó a pesar de las diferencias entre los gobiernos de California y EEUU; diferencias respecto a las exigencias de los niveles de contaminación a los vehículos como con los permisos para realizar perforaciones en busca de petróleo en la costa del Pacífico. Hawái había hecho lo mismo anteriormente.

California en 2017 produjo el 29% de su electricidad a partir de fuentes renovables (triplicó la cifra de 2007). Todo un ejemplo a seguir y que está convirtiendo a este estado en el referente en la lucha contra el cambio climático en EEUU.

⁶ Ximenez de Sandobal, P, California se ofrece por ley a utilizar 100% renovable en 2045, El País, 10 de septiembre de 2018.

Disponible: https://elpais.com/sociedad/2018/09/10/actualidad/1536599906_247059.html

Otros estados y ciudades americanas, como Massachussets, Nueva York y San Francisco, se están alineando con el modo de proceder de California. Esto conlleva un cierto optimismo respecto al futuro de las renovables en EEUU y al objetivo de reducir las emisiones, y hace pensar que la situación cambiará y que EEUU se sumará de nuevo a la lucha contra el cambio climático, de la que nunca debía haber salido.

Empresas españolas como Iberdrola⁷, Siemens Gamesa Renewable Energy (SGRE) o Acciona Energía, se están aprovechando de ese impulso participando en numerosos proyectos de inversión y creando empleo, tanto en EEUU como en sus matrices en España y lo que en definitiva, redunda en la economía española. También las principales empresas tecnológicas americanas (Google, Amazon y Facebook)⁸, grandes consumidoras de electricidad para climatizar sus centros de procesamiento de datos, están liderando el desarrollo de las renovables, participando e impulsando proyectos de generación eléctrica (eólica y solar), en algunos casos junto con empresas españolas.

2.6. Cumbres posteriores a la COP 21

A la COP 21 de París le siguió la de Marrakech (COP 22⁹), en la que se proclamó la voluntad de cooperar para poner en práctica lo aprobado. Tras esta tuvo lugar la cumbre de Bonn (COP 23¹⁰), donde se puso de manifiesto la urgencia marcada por catástrofes que se estaban produciendo y las dificultades para la creación del fondo anual de 100.000 millones de dólares. Esta cumbre tuvo un carácter simbólico, el encuentro se debía haber celebrado en Fiyi por ser este es el país organizador, pero se trasladó por su escasa capacidad de organización diezmada, aún más si cabe, por las dramáticas consecuencias del cambio climático en esa isla.

⁷ El macro proyecto eólico marino de Iberdrola ahorrará 1200 millones a los consumidores, Europa Press, 2 de agosto de 2018. Disponible: <http://www.europapress.es/economia/energia-medio-ambiente-00183/noticia-macroproyecto-eolico-marino-iberdrola-massachusetts-ahorrara-1200-millones-consumidores-20180802175703.html>

⁸ Montes, L, Amazon, Google y Appel se convierten en inesperados impulsores de las energías renovables, Business Insider, 2 de agosto de 2018. Disponible: <https://www.businessinsider.es/amazon-google-apple-convierten-inesperados-impulsores-energias-renovables-202376>

⁹ Trotta, T, El mundo no puede pararse porque EEUU se mueva en otra dirección, El País, 12 de diciembre de 2016.

Disponible: https://elpais.com/elpais/2016/11/30/planeta_futuro/1480517754_840521.html

¹⁰ Saugar, J, La oportunidad es ahora: de cambio climático a cambio sistémico, El País, 2 de enero de 2018. Disponible: https://elpais.com/elpais/2017/11/29/planeta_futuro/1511976746_129254.html

En septiembre de 2018, en Bangkok¹¹ tuvieron lugar nuevas conversaciones sobre el cambio climático con el objetivo de avanzar en la elaboración de normas para la aplicación del Acuerdo de París. En la reunión de Bangkok, se trataba de consensuar directrices antes de la Cumbre del Cambio Climático (COP 24) de Katowice¹² (Polonia) en diciembre de 2018, en la que se puso de manifiesto las dificultades aún existentes y se sellaron las reglas para la aplicación del Acuerdo de París.

De estas cumbres internaciones se puede extraer que:

- Nadie pone ya en duda, dentro de la comunidad científica, que el problema del cambio climático y su solución pasan, entre otras medidas, por dejar de quemar combustibles fósiles y por su sustitución por energías renovables, y el impulso de la eficiencia energética. Este proceso será largo y por eso surge el nuevo término “Transición Energética”.
- La sociedad en su conjunto es consciente de este proceso, más si cabe motivado por las numerosas catástrofes naturales que se están produciendo durante los últimos años (sequías, tifones, huracanes e inundaciones), que están teniendo efectos devastadores en términos de pérdida de vidas humanas.
- Es necesario tomar medidas urgentes para su solución. Y todo ello a pesar de que situaciones coyunturales que ralenticen el proceso de toma de decisiones.
- La UE quiere liderar a nivel internacional la lucha contra el cambio climático y el proceso de transición energética. Ello significa un cambio radical en el modelo económico y energético actual. El objetivo último es des-carbonizar la economía en 2050 o reducir al mínimo posible las emisiones de CO₂ (dióxido de carbono).
- Finalmente resaltar que muchas empresas españolas, algunas de ellas líderes mundiales en el sector de las renovables (Iberdrola, Acciona Energía y SGRE, entre otras) este proceso de lucha contra el cambio climático y de transición energética, es una oportunidad para generar actividad económica y empleo de calidad. En definitiva, mejorar el bienestar de la sociedad española.

¹¹ Iagua, La cumbre sobre cambio climático concluye con avances desiguales. Disponible: <https://www.iagua.es/noticias/onu/conferencia-bangkok-cambio-climatico-concluye-avances-desiguales>

¹² Cumbre 2018 en Katowice (Polonia). Disponible: <https://unfccc.int/es/news/katowice-acogera-la-conferencia-de-la-onu-sobre-cambio-climatico-de-2018-cop24>

3. POLÍTICAS EUROPEAS¹³

3.1. Estrategias y Objetivos Climáticos

Identificado y reconocido el problema del cambio climático por la comunidad Internacional, la UE está comprometida sin ningún género de dudas, en ofrecer una solución a este problema y liderar el proceso de transición energética a nivel mundial. Para ello, se quiere fijar unos objetivos muy ambiciosos de reducción de emisiones de gases GEIs, en el año 2050.

Los objetivos en materia de clima y energía de la UE se plasmaron en dos documentos que fijaron su posición en el horizonte 2020 y 2030 y que tienen como objetivo situar a la UE en la dirección correcta hacia una economía baja en carbono, prevista en su Hoja de Ruta “Hacia una economía hipocarbónica¹⁴ en 2050”. Estos documentos son:

- “El paquete de medidas sobre Clima y Energía a 2020”.
- “El marco sobre Clima y Energía para 2030”.

3.2. Paquete de medidas sobre Clima y Energía a 2020

Este paquete de medidas incluye legislación vinculante que garantice el logro de los objetivos en materia de clima y energía asumidos por la UE en 2020. Son tres los objetivos:

- 20% de reducción de las emisiones de gases GEIs (en relación con los niveles de 1990).
- 20% de participación de las energías renovables en la demanda energética.
- 20% de mejora de la eficiencia energética.

Para alcanzar estos objetivos la UE está trabajando en los siguientes ámbitos:

¹³ Políticas europeas. Disponible: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_es

¹⁴ Traducción al español del término en inglés *Low carbon economy*

- Régimen de Comercio de Derechos de Emisión (RCDE)¹⁵. Es la principal herramienta con la que cuenta la UE para la reducción de emisiones de gases GEIs en los sectores de la aviación y en el de grandes instalaciones del sector industrial y energético (centrales térmicas). Ambos sectores representan en su conjunto el 45% del total de las emisiones GEIs de la UE. Se trata de un instrumento de mercado, mediante el que se crea un incentivo o desincentivo económico, que persigue un beneficio medioambiental. El objetivo a 2020 es reducir un 20% las emisiones de esos sectores respecto a 2005.
- Objetivos nacionales de reducción de emisiones. Son los sectores no incluidos en el RCDE (vivienda, agricultura, residuos y transporte sin la aviación) que representan el 55% restante del conjunto de emisiones de la UE. En este caso los objetivos nacionales se establecen en función de la riqueza de cada país.
- Energías renovables. Se establecen objetivos nacionales vinculantes al 2020, que varían según la situación inicial por país en la producción de energías renovables y de su capacidad para aumentarla (del 10% en Malta, hasta el 49% en Suecia). En definitiva, de su potencial de recursos renovables (biomasa, sol, viento y agua), ya que no todos tienen la misma disponibilidad. Para el conjunto de la UE el objetivo es alcanzar el 20% al 2020 (en 2010 era del 9,8%) y para el sector del transporte se fija una cuota participación de las renovables (biocarburantes, principalmente) del 10%.
- Innovación y financiación en el ámbito de las tecnologías de baja emisión de carbono.
- Eficiencia energética. A través del Plan y la Directiva de Eficiencia Energética¹⁶.

Otro efecto positivo de este paquete de medidas sobre Clima y Energía, es la Seguridad Energética. Aspecto este, muy importante ya que contribuye a reducir la dependencia

¹⁵ RCDE. Disponible: <https://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/comercio-de-derechos-de-emision/el-comercio-de-derechos-de-emision-en-espana/funcionamiento-del-regimen-de-comercio-de-derechos-de-emision-en-espana/>

¹⁶ Directiva (UE) 2018/844 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética. Disponible: <https://www.boe.es/doue/2018/156/L00075-00091.pdf>

energética del exterior, especialmente en países como España que se sitúa en niveles superiores al 70%.

3.3. Marco sobre Clima y Energía para 2030

Los objetivos principales recogidos en el Marco de Clima y Energía a 2030 son:

- Gases de Efecto Invernadero (GEIs). Se establece como objetivo en el 2030 dar un paso más y reducir al menos, un 40% respecto a los niveles de emisiones de 1990, lo que supone duplicar el objetivo previsto al 2020. Esto servirá de referencia para avanzar hacia la consecución del objetivo a largo plazo (2050) del 80-95% de reducción, que la UE se ha comprometido en el marco de los acuerdos tomados en la COP 21 de París. Para alcanzar el objetivo anterior del 40% es necesario:
 - Que los sectores incluidos en el RCDE alcancen una reducción del 43% en relación con los niveles de 2005.
 - Que los sectores no incluidos en el RCDE logren una reducción del 30% en relación con los niveles de 2005, para lo que habría que establecer objetivos vinculantes en cada estado miembro de la UE.
- Energías Renovables. Se define un objetivo vinculante de manera que las energías renovables, representen al menos el 27% del consumo de energía de la UE en 2030. Más adelante se verá como este objetivo se ha elevado en la revisión de la Directiva de Renovables, llegando al 32%. España se está planteando superarlo.
- Eficiencia Energética. Basándose en la Directiva de Eficiencia Energética, el Consejo Europeo aprobó para 2030 un objetivo de ahorro energético indicativo del 27% a revisar en 2020 pensando que se podría elevar hasta el 30%.
- Nuevo sistema de gobernanza. Se ha previsto avanzar en el desarrollo de un proceso de gobernanza más transparente y dinámico que contribuya a alcanzar los objetivos climáticos y de energía en el 2030.
- Beneficios. Los objetivos anteriores al 2030 van a garantizar y proporcionar la seguridad normativa que demandan los inversores, así como coordinar esfuerzos

entre los diferentes países de la UE. Además, van a facilitar el desarrollo de una economía baja en carbono y a generar un modelo energético que:

- Garantice la disponibilidad de energía a todos los consumidores de la UE, cuestión esta muy importante debido al elevado número de personas que se encuentran en situación de “pobreza energética” en países como Grecia y España.
 - Incremente la seguridad del suministro energético en la UE.
 - Reduzca la dependencia energética al poder reducirse las importaciones de combustibles.
 - Cree nuevas oportunidades de crecimiento y empleo, debido a la elevada capacidad de generación de empleo de las energías renovables respecto a las convencionales.
 - Conlleve beneficios para la salud y el medio ambiente, al apostar por las energías limpias y renovables.
- Inversiones:
 - Según las previsiones, las inversiones anuales medias requeridas para el conjunto de la UE (periodo 2011-2030) ascenderían a 38.000 millones de euros. Estas se verían compensadas en gran medida por el ahorro de combustibles procedentes de países de fuera de la UE, situados en zonas geográficas de elevada inestabilidad política (Golfo Pérsico y África).
 - Más de la mitad de las inversiones deberían destinarse a los sectores residencial (viviendas) y terciario (oficinas y centros comerciales).
 - En cuanto a los criterios de reparto de las inversiones entre países de la UE, el Consejo Europeo ha propuesto que sean de equidad y solidaridad, con objeto de garantizar la eficiencia del conjunto.
 - Coste del sistema energético:
 - Los costes de transición hacia un sistema basado en energías renovables no modificarán sustancialmente la situación actual, al estar ésta basada en centrales muy antiguas (de carbón, en muchos casos) que requieren, si se mantienen, de cuantiosas inversiones para su renovación.

- Según las previsiones, el coste total del sistema energético en 2030 experimentará un aumento equivalente al 0,15% del PIB de la UE si se aborda con criterios de rentabilidad.
- En general, en la transición de un sistema basado en combustibles fósiles a otro en renovables, lo que se produce es un desplazamiento de costes operativos (compra de combustible) a costes de capital (inversiones). Ello se debe a que las inversiones en los proyectos de renovables son muy altas al ser estas muy intensivas en capital. Por contra, sus costes de funcionamiento son bajos al utilizar recursos gratuitos (sol y viento) como fuente energética y no depender de la compra de combustible.

3.4. Una economía baja en carbono en 2050

La Comisión Europea, en su afán de liderar a nivel mundial la lucha contra el cambio climático, está analizando escenarios en el 2050 y procedimientos para conseguir que la economía de la UE sea más respetuosa con el clima y consuma menos energía. Todo ello con criterios de rentabilidad, es decir, no a cualquier precio de manera que no afecte negativamente a nuestra economía.

La “Hoja de Ruta” hacia esa economía hipocarbónica, en la que apenas tenga cabida el uso de combustibles fósiles, debería fijarse los siguientes objetivos:

- Reducir sus emisiones de gases GEIs un 80% en 2050 respecto a los niveles de 1990.
- Alcanzar los siguientes objetivos intermedios del 40% en 2030 y del 60% en 2040.

Para que sea posible alcanzar estos objetivos, todos los sectores (energía, industria y agricultura) deberían contribuir en función de su potencial tecnológico y económico. La Comisión realiza una propuesta de reducción por sector que se observa en la figura siguiente:

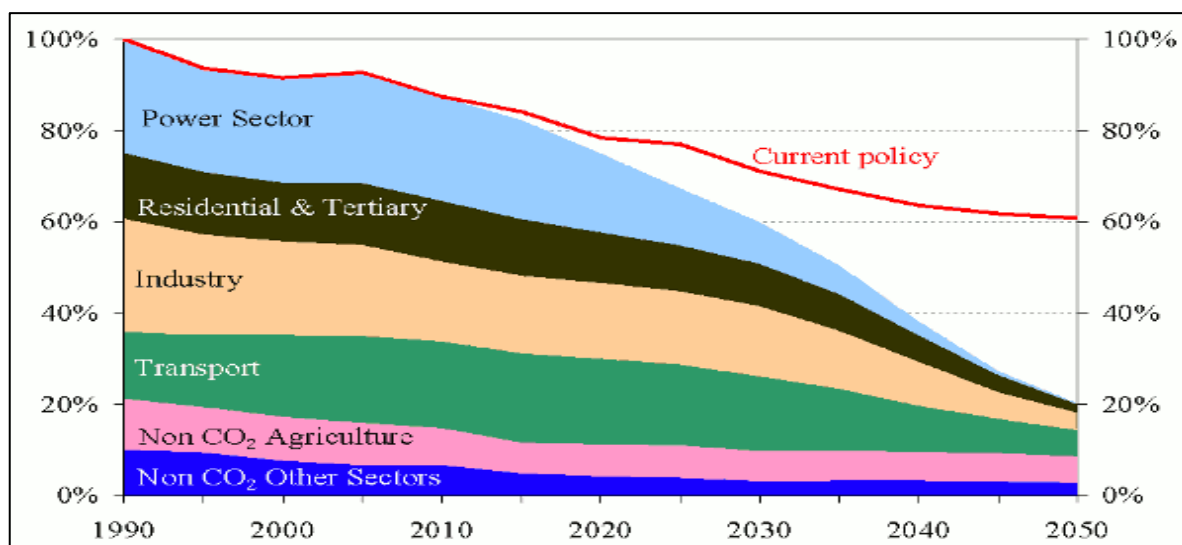


Figura n° 2. Posible reducción del 80% de las emisiones de gases de efecto invernadero en la UE¹⁷

El análisis detallado de cada uno de los sectores es el siguiente:

- Producción y distribución de electricidad. Es el sector que tiene el mayor potencial de reducción pudiendo eliminar casi por completo las emisiones de CO₂ a 2050. La electricidad podría sustituir parcialmente a los combustibles fósiles en el transporte y la climatización que se obtendría a partir de fuentes renovables. También será necesario realizar importantes inversiones en redes eléctricas inteligentes y en su digitalización.
- Transporte. En 2050, las emisiones del transporte podrían reducirse más del 60% respecto de los niveles de 1990. A corto plazo la mayoría de los desarrollos serán en motores de gasolina y diésel, al tener aún éstos margen de mejora para ser más eficientes. A medio y largo plazo, los vehículos eléctricos (híbridos "enchufables" o 100% eléctricos) van a permitir una reducción aún mayor de las emisiones. Y los biocarburantes (combustibles de origen biológico) se utilizarán cada vez más en el transporte aéreo y por carretera al no poder ser todos los vehículos pesados (camiones) eléctricos.

¹⁷ https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_es

- Edificios. Las emisiones en el sector residencial y en edificios de oficinas se reducirán casi por completo (en torno al 90% en 2050). La eficiencia energética se mejorará drásticamente mediante:
 - El uso de tecnologías de aprovechamiento pasivo en las nuevas edificaciones, en las que se contemple el aprovechamiento a gran escala de la energía solar, de manera que su consumo sea nulo o casi nulo (Edificios de Consumo Nulo).
 - La renovación de edificios antiguos para mejorar su eficiencia energética.
 - La sustitución de combustibles fósiles por electricidad y energías renovables (geotermia y biomasa) para usos de calefacción y refrigeración.
- Industria. En 2050, los grandes consumidores industriales de energía podrían reducir sus emisiones en más del 80%. A partir de 2030, se produciría una disminución gradual de las emisiones de CO₂ gracias a los avances en la mejora de la intensidad energética¹⁸.
- Agricultura. El peso del sector agrícola en el total de emisiones de la UE se irá incrementando, hasta representar la tercera parte en 2050 a medida que aumente la demanda mundial de alimentos. Sin embargo, aquí las reducciones también son posibles.
- Otros efectos positivos. La “Hoja de Ruta” fijada por la Comisión Europea al 2050 concluye que la transición hacia una economía con bajas emisiones de carbono es viable y es económicamente posible. Para ello, es necesario impulsar la innovación y el desarrollo tecnológico, así como realizar un importante esfuerzo inversor.

Llevar a cabo la “Hoja de Ruta” significaría lo siguiente:

- Daría un gran impulso a la economía europea gracias al desarrollo de tecnologías limpias y energías con emisiones de carbono muy bajas o nulas, e impulsaría el crecimiento y el empleo.
- Disminuiría el uso de recursos básicos como la energía, las materias primas, el suelo y el agua.

¹⁸ Intensidad energética es un indicador del consumo de energía por unidad de PIB.

- Haría a la UE menos dependiente y vulnerable al reducir sus importaciones de petróleo y gas.
- Beneficiaría la salud al reducir la emisión de sustancias químicas, en algunos casos altamente contaminantes, a la atmósfera.
- Obligaría a invertir 270.000 millones de euros adicionales (una media del 1,5% de su PIB anual) durante los próximos cuarenta años en la UE.

3.5. Nueva Directiva de Renovables

El 27 de junio de 2018 se llegó a un acuerdo¹⁹ entre el Consejo y el Parlamento Europeo, para la revisión de la Directiva sobre Energías Renovables. Este nuevo marco, va a facilitar el camino para la transición de la UE hacia el uso de energías renovables y va a permitir que Europa mantenga su liderazgo en la lucha contra el cambio climático y cumpla los objetivos establecidos en el Acuerdo de París (COP 21).

El acuerdo fija como objetivo principal que en 2030 el 32 % de la energía de la UE proceda de fuentes renovables. Además, cuenta una cláusula para revisar el objetivo del 32%, en caso de que se produzcan modificaciones sustanciales en la demanda de consumo energético y para cumplir las obligaciones y compromisos internacionales de la UE.

Otros elementos clave del acuerdo son:

- El diseño de los sistemas de apoyo a las renovables debe permitir la posibilidad de dar ayudas específicas por tecnología que estén alineadas con las directrices sobre ayudas estatales. Esto permitirá a los países impulsar determinadas tecnologías que no terminan de hacerlo y que cuentan con un gran potencial (caso de España con la biomasa).
- La eliminación de barreras administrativas al considerarse clave para el impulso de las renovables. Para ello, deberán simplificarse los procedimientos de concesión de autorizaciones, así como reducirse los plazos de tramitación a menos de dos años.

¹⁹ Consejo Europeo/Consejo de la UE.

Disponible: <http://www.consilium.europa.eu/es/press/press-releases/2018/06/27/renewable-energy-council-confirms-deal-reached-with-the-european-parliament/>

- El nivel de las energías renovables en el transporte alcanzará al menos el 14% antes de 2030.
- La participación de los biocarburantes convencionales se limitará a un máximo del 7 % en toda la UE.
- La Directiva establece un marco claro y estable para el autoconsumo en el sector doméstico. Los pequeños consumidores con potencias de hasta 30 kW quedarán exentos de tasas o cánones. En el caso de España esto conllevará la eliminación del peaje de respaldo (también denominado, “impuesto al sol”) como lo ha anunciado el Ministerio para la Transición Ecológica. Y en el supuesto de que se produjera un gran aumento en el autoconsumo, se les permite a los Estados miembros aplicar recargos.

Concluir subrayando que la UE cuenta con tecnología, empresas adecuadas y es consciente que llevar a cabo estos Planes va a generar numerosas oportunidades para su economía, en términos de generación de empleo e impulso tecnológico.

España tiene que aprovechar que cuenta también con tecnología, empresas líderes y punteras a nivel mundial en el sector de las energías renovables, especialmente en energía eólica (fabricantes de aerogeneradores) y solar, para convertir la lucha contra el cambio climático en una oportunidad para impulsar su economía y ser un referente a nivel mundial.

4. TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN ESPAÑA

4.1. Situación energética actual de España y el papel de las renovables²⁰

Como se ha avanzado en el punto anterior, España no puede ni quiere quedarse al margen de este proceso. Para obtener una visión de este proceso de transición energética en España, se analizará la situación actual y los futuros marcos estratégicos.

El nivel de dependencia energética de España en 2016 según los últimos datos publicados en el Balance Energético 2015²¹, se situó en el 72,3% (ver figura nº 3). Eso quiere decir que solo el 27,7% de la energía consumida en España tiene origen autóctono o nacional. En 2015 se cuantificó ese nivel de dependencia en 26.000 millones de euros. De excluirse la energía nuclear, la cifra de nuestro nivel de dependencia sería aún muy superior. La UE considera autóctona a la nuclear, con independencia de la procedencia del combustible utilizado (uranio).

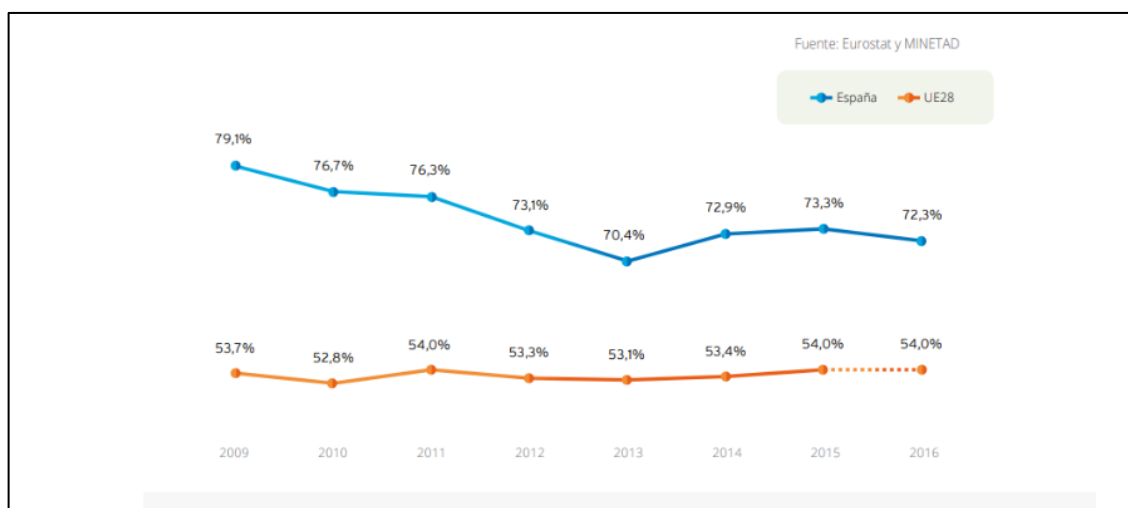


Figura nº 3. Dependencia energética en España (2016). Fuente: web APPA (Asociación española de pequeños productores de renovables)

²⁰ APPA sobre energías renovables. Disponible: <https://www.appa.es/informes/>

²¹ Ministerio de Comercio y Turismo sobre datos energéticos 2015 Disponible: http://www.mincotur.gob.es/energia/balances/Balances/LibrosEnergia/Energia_2015.pdf

Respecto a la media de la UE, en la figura anterior se observa que la dependencia energética de España se sitúa veinte puntos por encima.

Para la UE reducir su dependencia energética del exterior, es uno de sus principales objetivos. España debería hacer, si cabe, un mayor esfuerzo que el resto de Europa ya que limita su desarrollo económico y le hace muy vulnerable ante cualquier escenario de incertidumbre política, catástrofe natural o conflicto bélico que se produzca a nivel mundial. A estas, se les suma también otras razones de tipo económico, social (generación de empleo) y ambiental que deberían impulsar a España a promover la sustitución de combustibles fósiles por otros de origen renovable.

Además, el hecho de que España ocupe una posición de liderazgo tecnológico e industrial en el sector de las energías renovables, debería aprovecharse para impulsar nuestra economía y generar empleo de alta cualificación.

La concreción y el detalle de cómo alcanzar los objetivos de renovables, es algo que el Gobierno Español tendrá que concretar en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima en el 2030 (PNIEC 2030) actualmente en fase de elaboración. El Gobierno deberá igualmente, elaborar la futura Ley de Cambio Climático y Transición Energética, que posteriormente enviará al Parlamento Español.

4.2. Informe de la Comisión de Expertos sobre Transición Energética²²

4.2.1. Consideraciones previas

El 7 de julio de 2017, el Gobierno de España, en aquel momento liderado por el Sr. D. Mariano Rajoy, acordó la creación de una Comisión de Expertos (14)²³ nombrados por

²² Informe de la Comisión de Expertos sobre Transición Energética.
Disponible:http://www6.mityc.es/aplicaciones/transicionenergetica/informe_cexpertos_20180402_vedita.do.pdf

²³ Jorge Aragón Medina, Javier Arana Landa, Luis María Atienza Serna, Jose Luis de la Fuente O'Connor, Miguel Duvison García, Cristóbal José Gallego Castillo, Ignacio Grangel Vicente, Oscar Lapastora Turpin, Pedro Linares Llamas, Diego Rodríguez Rodríguez, Txetxu Sáenz de Ormijana, Josep Sala i Prat, Jorge Sanz Oliva y Guillermo Ulacia Arnaiz.

los partidos políticos con representación en el Parlamento. El objeto de la comisión era elaborar un informe que sirviese de base para la definición de la estrategia española de transición energética hacia una economía descarbonizada.

Dicho informe, debía analizar diferentes escenarios de política energética, el impacto medio ambiental, las alternativas existentes con su coste económico y la estrategia necesaria para cumplir los objetivos que España tenía comprometidos con la UE, en materia de energía y clima. Todo ello había que hacerlo de la forma más eficiente posible, de manera que garantizase la competitividad de la economía española, el crecimiento económico, la creación de empleo y la sostenibilidad ambiental.

En una fase previa a la definición de la estrategia, se analizaron los posibles cambios tecnológicos que se podían producir durante el período de estudio (hasta el año 2030). Dicho análisis, no solo se limitó a las nuevas tecnologías de producción de electricidad, sino que contempló también el estudio de nuevos modelos de negocio, nuevos servicios y nuevas formas de participación de los agentes implicados (consumidores, comercializadores y productores de energía) que podían surgir durante el período de estudio.

Una de las dificultades a la hora de realizar este análisis fue definir el papel a jugar por algunas tecnologías durante la transición energética. Es el caso del sector del transporte de pasajeros, en el que todo apunta a que el vehículo eléctrico será la tecnología del futuro, aunque su desarrollo está condicionado a los avances en el campo del almacenamiento y de las baterías. Podría suceder que otras tecnologías pudiesen resultar más eficientes como son los vehículos a gas natural. Lo mismo sucede con el transporte de mercancías, al plantearse dudas respecto a la eficiencia del uso del ferrocarril (se incluyen los costes de logística necesarios) frente al de vehículos pesados (camiones) impulsados por gas natural.

Igualmente, aunque todo parece indicar que la producción de electricidad a partir de fuentes de origen renovable va a jugar un papel clave en el proceso de descarbonización, aún existen incógnitas respecto al papel a jugar por cada una de ellas, especialmente la solar fotovoltaica y la eólica.

Era necesario, además, analizar las posibles soluciones planteadas para su instalación. Estas pueden ser de manera distribuida (pequeñas instalaciones de paneles solares en tejados) o bien centralizada (grandes instalaciones de parques solares). Este último aspecto suele ser objeto de posiciones ideológicas diferentes, ya que algunos partidos (de izquierdas o denominados verdes) apuestan por las pequeñas instalaciones, frente a otros (los más conservadores) que apuestan por las grandes, argumentando el menor coste económico de la energía producida como consecuencia de las economías de escala.

Las recomendaciones del informe también tuvieron en cuenta otros factores, como los posibles efectos negativos de un mayor coste económico para los consumidores, derivados de las incertidumbres tecnológicas existentes y de posibles errores en las decisiones tomadas, la posible evolución de la economía española, al ser esta un factor de incertidumbre o la identificación de las señales correctas a trasladar a los consumidores y empresas. Todo ello obligó a los expertos a reflexionar sobre la formación de los precios en los mercados, a internalizar los impactos ambientales mediante la fiscalidad, así como al diseño correcto de los peajes de acceso a las redes eléctricas y del gas.

En definitiva, se puede decir que este proceso de descarbonización de la economía es un reto que conlleva riesgos, pero que está lleno de oportunidades y que España tiene que saber aprovecharlas en beneficio del desarrollo económico y del bienestar de la sociedad, así como para la creación de empleo de calidad.

4.2.2. *Objetivos*

El informe de la Comisión de Expertos incluye en su análisis un escenario denominado “Caso Base”. Este es el escenario que se va a considerar en este trabajo, consistente en el estudio del impacto macroeconómico que tendría en la economía española en el año 2030 cumplir con los objetivos en energías renovables (energía eólica y solar fotovoltaica).

Entre los indicadores a estudiar, se pretende analizar los relativos a inversiones realizadas, subcontratación a empresas españolas, contribución al PIB, empleo

generado, gastos en I+D, emisiones de CO₂ evitadas, ahorro económico en la compra de derechos de emisión y ahorro en la importación de combustibles fósiles.

En el informe de los expertos se realizan, además, diversos análisis de sensibilidad sobre el “Caso Base” que, aunque no se van a tener en cuenta en este estudio, se recogen a continuación a efectos simplemente informativos:

2030 con precio CO ₂ 33€/tCO ₂
2030 con precio CO ₂ 7,5€/tCO ₂
Potencia carbón 4,6GW
Sin nuclear
Potencia limitada según BNEF
Reducción precio carbón
Reducción precio gas
Reducción precio petróleo
Con mejoras de aislamiento en los edificios
Crecimiento acero/cemento
Coches menos eficientes
Camiones menos eficientes
1M coches eléctricos
5,5M coches eléctricos
Eliminación del límite a la solar térmica en ACS residencial
Aumento del límite de biocombustibles a 8,5%
2050 con precio CO ₂ 206€/tCO ₂

Figura nº 4. Escenarios estudiados en el análisis de sensibilidad sobre el Caso Base. Fuente: informe de expertos sobre transición energética

Para el “Caso Base”, los expertos han tenido como referencia los objetivos de la UE en materia de cambio climático y energía. En relación a las renovables, se ha considerado el objetivo del 27% para el 2030, por ser el que estaba aprobado cuando se elaboró el informe por los expertos, aunque como se ha comentado en el apartado sobre políticas europeas dicho objetivo se elevó posteriormente al 32%. Ello obligará, en revisiones

posteriores del informe, a modificar al alza los objetivos de España en renovables en el marco del futuro PNIEC 2030 en elaboración.

Del análisis de los resultados se concluye que la energía eólica y la solar fotovoltaica son las energías renovables que van a recibir un mayor impulso en la estrategia de transición energética. Concretamente, de llevarse a cabo lo previsto en el “Caso Base” en eólica y solar fotovoltaica, la situación en el 2030 por tipo de energías renovables y las inversiones a realizar serán las siguientes:

- Eólica. Pasaría de una potencia actual de 22.863 MW a 31.000 MW en 2030, siendo el incremento de 8.137 MW. Las inversiones a realizar serían 10.578 millones de euros al considerar una inversión específica de 1.300 €/kW.
- Solar fotovoltaica. Pasaría de una potencia actual de 4.431 MW a 47.157 MW, siendo en este caso el incremento de 42.726 MW, lo que supondría unas inversiones movilizadas de 27.350 millones de euros para una inversión específica de 640 €/MW.

En la figura siguiente se recogen de manera resumida los resultados anteriores. Como se observa, el incremento de potencia total (eólica y fotovoltaica) sería de 50.863 MW, lo que conllevaría la realización de unas inversiones por una cuantía de 38.108 millones de euros.

Fuente de Energía	Potencia actual instalada (MW)	Potencia a 2030 (MW)	Incremento de potencia a 2030 (MW)	Inversiones específicas (€/kW)	Inversiones totales al 2030 (M€)
Eólica	22.863	31.000	8.137	1.300	10.578
Solar Fotovoltaica	4.431	47.157	42.726	640	27.350
TOTAL	27.294	78.157	50.863		38.108

Figura nº 5. Potencia en eólica y solar fotovoltaica al 2030 e inversiones a realizar. Elaboración propia a partir de datos del informe de expertos

En el resto de medidas previstas durante la transición energética como otras energías renovables, edificación, movilidad sostenible y eficiencia energética, también se va a producir una movilización importante de inversiones, aunque no son indicadores que se tendrán en cuenta a los efectos de este estudio.

4.3. Ley de Cambio Climático y Transición Energética, y Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2030

Las instituciones europeas han debatido largamente un conjunto de medidas para asegurar que la UE lidere el cambio hacia la transición energética a nivel mundial y que ello tenga lugar en un marco de mayor integración de los mercados energéticos a nivel europeo. Es el denominado “Paquete de Invierno (*Winter Package*)”²⁴, también denominado “Energía limpia para todos los europeos”.

Este marco incluye entre otras cuestiones, la obligación a los estados miembros de elaborar Planes Nacionales Integrados de Energía y Clima, en los que se definan los objetivos, las metas y las contribuciones nacionales para cada una de las siguientes cinco dimensiones de la Unión de la Energía, así como una descripción de las políticas y medidas previstas para su cumplimiento:

- Planes nacionales de energía y clima
- Seguridad energética
- Mercado interior de la energía
- Eficiencia energética, y
- Descarbonización

El Gobierno de España está ya respondiendo a la obligación de elaborar un Plan Nacional de Energía y Clima y una Ley de Cambio Climático y Transición Energética que den respuesta globalmente a los objetivos europeos.

²⁴ UNEF sobre el paquete de invierno de la UE. Disponible: <https://unef.es/2017/12/un-solido-paquete-de-invierno-es-imperativo-para-la-futura-descarbonizacion-de-la-energia/>

En la elaboración del citado plan se tendrán en cuenta las recomendaciones del informe elaborado por los expertos, aunque deberá ser mucho más ambicioso en el objetivo de renovables, al ser ahora del 32% frente al 27% anterior en el conjunto de la UE.

4.4. Oportunidades para la economía española

Se han realizado numerosos estudios por organizaciones internacionales como la New Climate Economy (NCE)²⁵, la Agencia Internacional de la Energía (AIE)²⁶, la Organización Internacional del Trabajo (OIT)²⁷ e International Renewable Energy Agency (IRENA)²⁸, que resaltan de una manera especial la capacidad de generar empleo y actividad económica que tiene el proceso hacia una economía baja en carbono, lo que se viene denominando transición energética.

El NCE señala que *“a través de una integración a escala de tecnologías sostenibles y de bajas emisiones de carbono en el sistema económico actual, los beneficios financieros podrían ser de más de 26 billones de dólares hasta 2030”* en comparación con seguir con el modelo *business as usual*. Además, se podrían generar 65 millones de empleos en sectores representativos. El informe tiene en cuenta no solo el despliegue de las energías renovables, si no lo que se entiende como la economía circular.

La AIE indica que *“la economía global podría ganar 2,8 billones de dólares con solo implementar esquemas de impuestos al carbono y suspendiendo los subsidios a los combustibles fósiles”*. Igualmente, dice que en 2016 los subsidios a los combustibles fósiles duplicaron los de las energías renovables.

La OIT, agencia de la ONU especializada en cuestiones laborales, a través de su Director en España, anunció la firma de un acuerdo entre la OIT y el Ministerio para la Transición Ecológica para aplicar en España *“las Directrices políticas de transición justa hacia economías y sociedades ambientalmente sostenibles”* y la elaboración de un estudio sobre el impacto de la transición en el empleo en España. A nivel mundial se

²⁵ New Climate Economy (NCE). Disponible: <https://newclimateeconomy.net/>

²⁶ Agencia Internacional de la Energía (AIE). Disponible: <https://www.iea.org/>

²⁷ Organización Internacional del Trabajo (OIT). Disponible: <https://www.ilo.org/global/research/global-reports/weso/greening-with-jobs/lang-es/index.htm>

²⁸ Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA). Disponible: <http://www.irena.org/>

dice que se crearán 24 millones de empleo, frente a una pérdida de seis millones en sectores tradicionales. Es decir, se crearán cuatro por cada uno que se pierda, por lo que no debería preocupar el cierre de las antiguas centrales de carbón. El problema vendría dado por los plazos entre los intervalos del cierre de unas y la apertura de otras, intervalos que habrá que gestionar correctamente para evitar situaciones de precariedad social, por eso se habla de “Transición justa”.

También IRENA dice que duplicar la capacidad mundial de energía renovable podría generar ahorros para la economía mundial de entre 1,2 y 4,2 billones de dólares. En la figura siguiente, se observan los puestos de trabajo por tecnología en el sector de las renovables a nivel mundial en 2016. La cifra está próxima a los diez millones de empleos, observándose que la solar fotovoltaica es la que más empleo cuenta (algo más de tres millones).

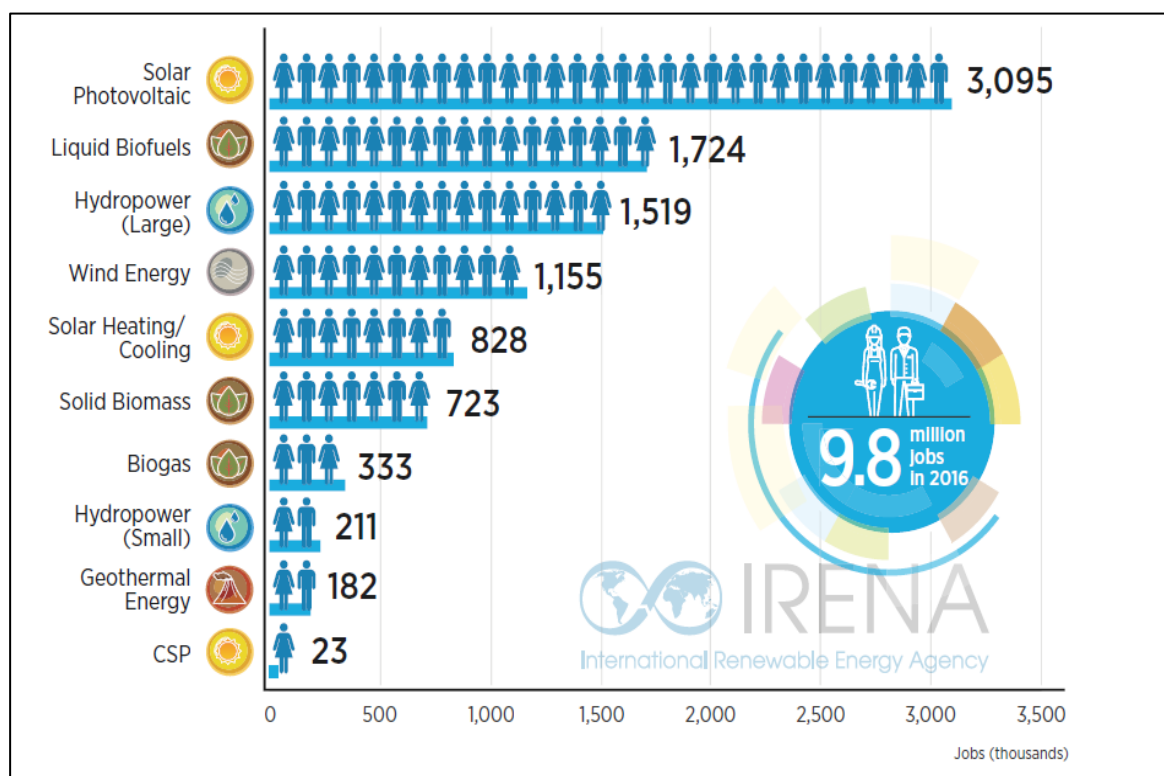


Figura nº 6. Empleos por tecnología renovable en el mundo en 2016. Fuente: IRENA

Recientemente, el Ministerio para la Transición Ecológica, a través de su Secretaria de Estado de Energía, ha anunciado ²⁹ que *“estamos viviendo un cambio en el modelo energético y que es la única opción para la sostenibilidad del planeta y una oportunidad irrepetible para el desarrollo de un sector como el de las renovables, y que no llegamos tarde desde un punto de vista industrial y tecnológico”*. Durante este anuncio, también habló de una movilización importante de recursos económicos que los cuantificó en 100.000 millones de euros para renovables, autoconsumo, movilidad y eficiencia, y en 85.000 millones de euros para economía circular.

La capacidad de generar empleo que tiene el apostar por las energías renovables, está directamente ligada con la identificación de las ocupaciones que se van a demandar y de la formación requerida a todos los niveles educativos.

En el caso de la Formación Profesional, esa tarea se ha realizado, y se han definido las siguientes ocupaciones sobre las que habría que ir formando a los jóvenes:

- Instalador especialista en autoconsumo, almacenamiento y micro-redes en edificios.
- Especialistas en rehabilitación energética y edificios de consumo de energía casi nulo (edificios ECN) con integración de renovables.
- Especialista en redes urbanas de calefacción y refrigeración con biomasa y geotermia.
- Gestor energético especializado en auditorías y certificación energética de edificios.
- Gestor de vehículos eléctricos e infraestructuras de recarga en edificios y aparcamientos.
- Técnico en instalaciones de biomasa para calefacción y refrigeración.

²⁹ Ojea, L, El Periódico de la Energía, 6 de septiembre de 2018, Disponible: <https://elperiodicodelaenergia.com/dominguez-abascal-anuncia-que-se-destinaran-100-000-millones-de-euros-para-la-transicion-energetica-en-espana-hasta-2030/>

- Técnico en gestión de la demanda, servicios energéticos y agregadores de demanda que faciliten la participación de los consumidores en el mercado eléctrico.

En definitiva, la transición energética se convierte en una oportunidad para la generación de empleo de calidad, asociado a nuevas especialidades productivas, así como a nuevos modelos de negocio que requieren de nuevas competencias y que deberán tenerse en cuenta en las políticas de empleo.

5. ANÁLISIS DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

5.1. Tipos de energía y tipología de instalaciones

Para seguir avanzando en la investigación, se ve necesario ofrecer una visión general de los principios de las energías renovables. Energías que se caracterizan por su carácter limpio e inagotable. Existen varias formas de clasificarlas, aunque la más habitual es en función de su uso que puede ser para la producción de electricidad, de calor o de biocarburantes.

El análisis se centra en aquellas cuyo destino final sea la producción de electricidad y especialmente en la energía eólica y la solar fotovoltaica. Ambas, según todos los expertos, son las que tienen mayor capacidad de desarrollo en España tanto desde el punto de vista de su implantación en el territorio como por su impacto económico (contribución al PIB, generación de empleo, desarrollo de zonas rurales, entre otros).

Además, hay otras fuentes renovables para producir electricidad como son la hidráulica, a pequeña escala (minicentrales hidroeléctricas) o a gran escala (aquellas situadas en los grandes embalses), la biomasa eléctrica, la geotermia de alta temperatura (aprovechamiento del calor natural del interior de la tierra) y la termosolar. También hay otras fuentes para producir calor y agua caliente, como son la biomasa con fines térmicos, la solar térmica y la geotermia de baja temperatura o entalpía.

5.1.1. Energía eólica

La energía eólica consiste en el aprovechamiento de la energía contenida en el viento para producir electricidad. No se trata de nada nuevo ya que su aprovechamiento se viene realizando desde hace siglos, aunque en otras aplicaciones, como por ejemplo moler grano o bombear agua. Se dice que actualmente es la tecnología más madura y eficiente de todas las energías renovables.

Las instalaciones eólicas, por lo general, constan de varios aerogeneradores o molinos de viento, que es lo que se denomina parques eólicos (en el ámbito internacional, *Wind farms*).

Los parques eólicos, además de aerogeneradores, tienen una línea eléctrica para conectarse a la red eléctrica general y poder llevar la energía eléctrica producida a los consumidores finales. La condición imprescindible para la instalación de un parque eólico es que haya viento, en definitiva, recurso eólico suficiente que haga viable la producción de electricidad en un emplazamiento determinado. Para ello las empresas promotoras suelen incurrir en elevados gastos previos de medición del viento (velocidad y dirección), mediante la instalación de torres meteorológicas en el territorio, con el objetivo de confirmar la viabilidad de un parque eólico antes de iniciar su construcción. Dos son los tipos de instalaciones de parques eólicos, terrestres y marinos.

Hasta hace poco tiempo, todo el desarrollo de la energía eólica había sido prácticamente en tierra (*onshore*). Actualmente la eólica marina (*offshore*) está teniendo un gran crecimiento, principalmente en lugares como Reino Unido, Alemania y Dinamarca, cuyos mares (Báltico y Norte) son poco profundos y en los que no resulta muy compleja y costosa la instalación de aerogeneradores en el fondo marino.

En muchos de esos proyectos están participando empresas españolas. El Grupo Iberdrola, a través de sus filiales Scottish Power en Reino Unido o Avangrid en EEUU, está jugando un papel clave, o SGRE uno de los principales fabricantes mundiales de aerogeneradores tras la fusión de la española Gamesa con la alemana Siemens.

En la costa española el desarrollo eólico marino es más complicado por ser de aguas profundas. En el caso del Atlántico y del Cantábrico el fondo marino está a más de 100 metros de profundidad a menos de 1 km de la costa, por lo que las soluciones pasan por cimentaciones flotantes sobre las que se instalarían los aerogeneradores, estructuras similares a las de las plataformas petrolíferas en el mar del Norte.

La tecnología de cimentación flotante está poco desarrollada y aún se encuentra en fase piloto o de demostración, en la que hay varias empresas y centros de investigación españoles trabajando. Su implantación es muy costosa a día de hoy lo que hace que de

momento sea inviable. Hasta que no se consoliden esos desarrollos, en España no se verán parque eólicos marinos comerciales, salvo a escala piloto.



Fotografía n° 3. Parque eólico terrestre en México. Fuente: Acciona



Fotografía n° 4. Parque eólico marino de VIKING (Alemania). Fuente: Scottish Power (Iberdrola)

En el informe de los expertos se observa que todo el desarrollo eólico previsto al 2030 es en tierra, de ahí que este análisis se centre en esta aplicación no en la eólica marina en la que apenas se prevén actuaciones.

5.1.2. Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es la forma más extendida actualmente para aprovechar la radiación solar. Existen otras aplicaciones como la solar térmica, que consiste en su aprovechamiento para producir calor para calefacción o agua caliente sanitaria a través de colectores solares térmicos, y la denominada termosolar que se usa para la producción de electricidad mediante un ciclo termodinámico similar al de las centrales convencionales.

La energía solar fotovoltaica transforma directamente la luz proveniente del sol en electricidad. La tecnología utilizada se basa en el denominado efecto fotovoltaico. Para ello se utilizan células fotoeléctricas en las que se produce una diferencia de potencial eléctrico entre ambas caras de la célula al incidirles la radiación del sol. Esto es lo que provoca que los electrones se desplacen de un lugar a otro y este movimiento es lo que hace generar energía eléctrica. Los paneles solares constan de un conjunto numeroso de células fotoeléctricas.

El coste de la energía eléctrica producida en estas instalaciones se ha reducido de manera continuada como consecuencia de los avances tecnológicos y las economías de escala en su producción e instalación. Avances tanto en la mejora de su eficiencia y rendimientos (se sitúan ya próximos al 20%) como en su durabilidad. En muchos lugares del mundo hoy en día es más barata la energía eléctrica producida en una instalación solar fotovoltaica que en una central térmica convencional. Además, se trata de instalaciones en las que sus costes de operación y mantenimiento son muy bajos respecto a otro tipo de instalaciones de renovables (caso de la eólica), al ser los paneles solares unos elementos estáticos que apenas requieren de mantenimiento al igual que el resto del equipamiento asociado. En cuanto a la vida media de los paneles, la mayoría de los fabricantes garantizan plazos superiores a 25 años, en los que la pérdida de rendimiento es inferior al 1% anual.

Se pueden distinguir las siguientes aplicaciones actuales de la energía solar fotovoltaica:

- Instalaciones aisladas. Son las destinadas al suministro de energía eléctrica a lugares alejados en los que no se justifica llevar una línea eléctrica por su bajo consumo y por razones económicas y ambientales. Suelen ser aplicaciones habituales para la iluminación de áreas rurales y el bombeo de agua en zonas aisladas. En la fotografía siguiente vemos una aplicación de iluminación en zona rural.



*Fotografía nº 5. Aplicación de la solar fotovoltaica para suministro de electricidad a una zona aislada.
Fuente: Soliclíma*

- Instalaciones para autoconsumo. Suelen ser instalaciones realizadas en viviendas, edificios o industrias, en las que la electricidad producida se consume en las propias instalaciones. Habitualmente están conectadas a la red eléctrica con la que intercambian sus excedentes de electricidad o a la que compran cuando sus necesidades son superiores a lo que producen.

Este tipo de instalaciones tienen su propio marco normativo. Tras la reciente eliminación por el Gobierno del denominado impuesto de respaldo o impuesto al sol, se espera que en los próximos años tengan un gran desarrollo. En la fotografía siguiente tenemos un ejemplo de aplicación de autoconsumo.



Fotografía nº 6. Aplicación de la solar fotovoltaica para autoconsumo. Fuente: Innover

- Parques o centrales solares fotovoltaicas. Se trata de grandes instalaciones promovidas habitualmente por compañías eléctricas en las que se produce electricidad a gran escala. En España se está produciendo un gran desarrollo de este tipo de instalaciones como consecuencia de las reducciones importantes de precios que están teniendo los paneles solares.



Fotografía n° 7. Instalación solar fotovoltaica promovida por Acciona en África. Fuente: Acciona Energía

5.2. Comparativa de costes energéticos por tipo de energía

Los costes de producción de energía a partir de fuentes renovables se están reduciendo de manera muy rápida. Esto hace pensar que en 2050 sea posible que el sector energético esté totalmente descarbonizado y que toda la electricidad y gran parte de la energía que consumamos sea de origen renovable. Por ese motivo se habla de transición energética.

En las figuras siguientes, elaboradas por IRENA³⁰, se realiza una comparativa de la evolución de los costes entre 2010 y 2017 para todas las energías renovables y lo mismo entre 2010 y 2020 de aquellas renovables con mayor potencial como son la eólica (marina y terrestre) y la solar (fotovoltaica y termo solar). Lo relevante es ver la tendencia a la baja que, de una manera imparable, están teniendo los costes.

³⁰ IRENA (International Renewable Energy Agency). Disponible: <http://www.irena.org/>

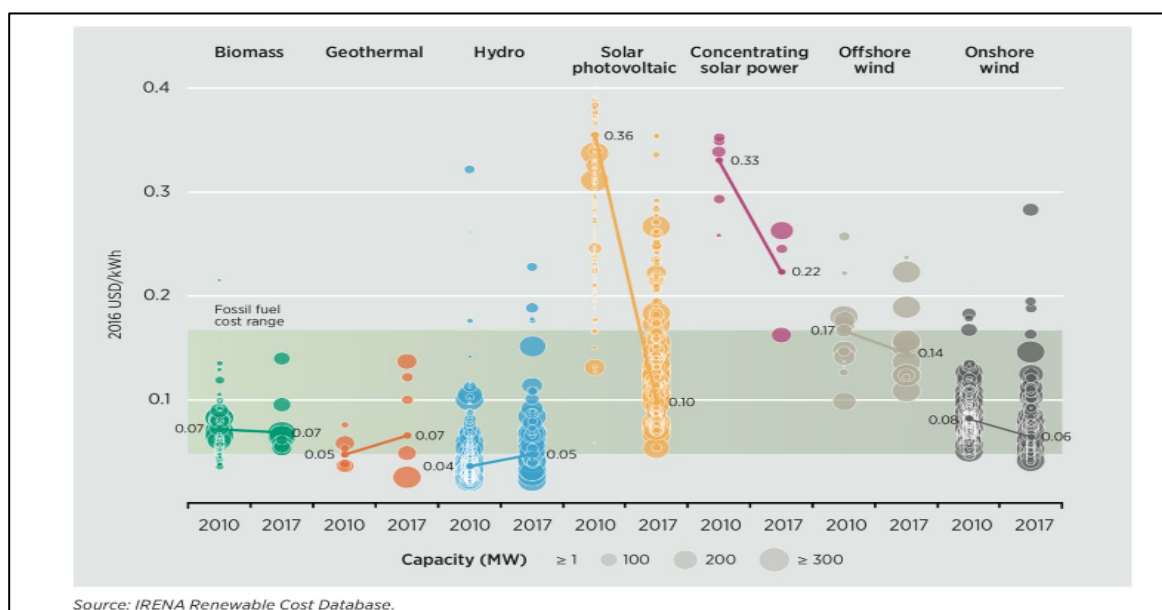


Figura nº 7. Evolución (2010-2017) costes por tipo de energía renovable en US \$/kWh. Fuente: IRENA

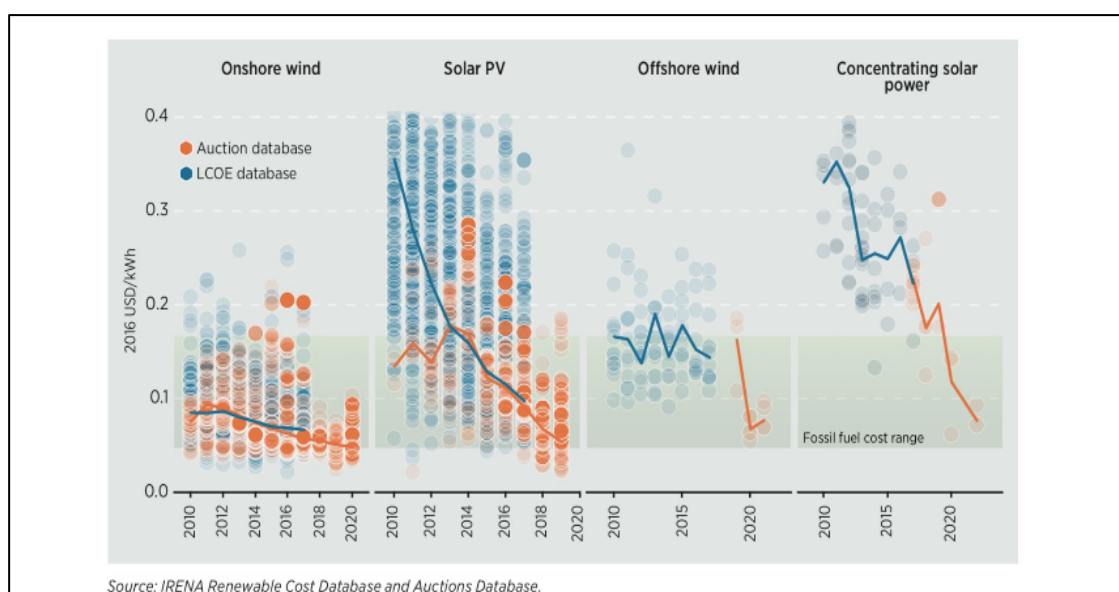


Figura nº 8. Evolución (2010-2020) costes de eólica (terrestre y marina), solar fotovoltaica y termosolar en US \$/kWh. Fuente: IRENA

De los informes y trabajos realizados por IRENA sobre evolución de costes, se puede concluir que en el año 2020 las energías renovables van a competir en igualdad de condiciones con los combustibles fósiles. Así como, que la energía eólica (terrestre y marina) y la solar fotovoltaica van a ser las fuentes renovables con mayor desarrollo y menores costes.

5.3. Tecnologías con mayor potencial de desarrollo en la transición energética en España

Como se ha venido comentando, la energía eólica y la solar fotovoltaica van a ser las fuentes de mayor desarrollo durante el proceso de transición energética hacia la descarbonización del sector energético.

En el informe de transición energética elaborado por los expertos, se ha previsto en el “Caso Base” la instalación al 2030 de algo más de 8.000 MW de potencia eólica adicional y de aproximadamente 43.000 MW de solar fotovoltaica. Y para ello serán necesarias inversiones por un importe aproximado de 38.000 millones de euros.

Las cifras anteriores son las que tendremos en cuenta al analizar el impacto que tendría en la economía y empresas españolas la estrategia de transición energética.

5.4. Desglose de costes por tipo de energía

Es necesario realizar el análisis del desglose de costes de una instalación solar fotovoltaica y de un parque eólico para definir qué porcentaje de las inversiones en ambos sectores podrían subcontratarse a empresas españolas.

Como se verá más adelante, en el caso de la eólica el 100% del suministro podría realizarse a través de empresas españolas, al contar España con fabricantes de aerogeneradores de primera línea a nivel mundial, como es el caso de Siemens Gamesa Renewable Energy (SGRE)³¹.

³¹ Siemens Gamesa Renewable Energy (SGRE). Disponible: <https://www.siemensgamesa.com/es-es>

No sucede lo mismo con la solar fotovoltaica ya que los principales fabricantes de paneles solares proceden de China y son los que están ocupando todo el mercado mundial. En el período 2000-2010 hubo empresas españolas (Isofotón y Atersa) que disponían de tecnología propia, pero que prácticamente desaparecieron durante la crisis económica del año 2007.

5.4.1. Eólica

La estructura de costes varía mucho de un parque eólico marino a uno terrestre. Ello se debe fundamentalmente al peso que tiene el coste del aerogenerador en cada caso. Para este estudio se analizará el desglose de costes en los terrestres al no estar previsto al 2030 la construcción de marinos en España.

Las principales partidas de costes, así como el porcentaje que representan en el conjunto del proyecto son:

- Estudios previos. Incluye la evaluación del recurso eólico, el estudio de impacto ambiental, el análisis económico y la gestión administrativa del proyecto, entre otros, y viene a representar el 2% del presupuesto total del proyecto.
- Adquisición de aerogeneradores. Se trata de la parte más importante del suministro de un parque eólico terrestre. Incluye la fabricación y el ensamblaje de los componentes de los aerogeneradores, el coste de transporte hasta el emplazamiento y su instalación. Suele representar el 80% del coste total del proyecto.
- Obra civil. Incluye la cimentación de los aerogeneradores y la realización de los caminos y accesos al parque eólico. Suele ser habitualmente del orden del 8%.
- Conexión del parque eólico a la red eléctrica. Incluye todas las infraestructuras necesarias para evacuar la energía eléctrica generada en los aerogeneradores a la red, como son cableado, transformadores, subestaciones y líneas eléctricas. Representa el 10% de la inversión total del parque eólico.

En consecuencia, en el caso de la eólica terrestre el 100% de las inversiones se podrían contratar con empresas españolas. Tal vez la única parte que presenta ciertas dudas son los aerogeneradores, por tratarse de un suministro en el que el número de proveedores es reducido y en el que podría suceder que el suministro recayese en empresas

extranjerías. Aun así, estas empresas (General Electric o Vestas, entre otras) disponen de plantas de producción en España, donde podría realizarse la fabricación de componentes y su ensamblaje.

El caso de la eólica además es especial por tratarse de un sector donde se manipulan y transportan piezas de gran tamaño (torres metálicas y palas), en el que el coste de transporte y de logística tiene mucho peso en el conjunto del proyecto. Para reducir este coste la mayoría de los fabricantes tienen implantación en los países donde se construyen los parques eólicos, ya que es la única forma que tienen de ser competitivos. Esto es muy positivo para el impulso de la fabricación local y, en consecuencia, para contribuir al desarrollo de la zona donde se van a ubicar los parques eólicos.

5.4.2. Solar fotovoltaica

En el caso de la solar fotovoltaica, la estructura de costes es la siguiente:

- Estudios preliminares. Incluye la evaluación del recurso solar, la realización de estudios ambientales y técnicos necesarios, entre otros. Suele ser el 5% del proyecto.
- Paneles solares fotovoltaicos. Son el elemento clave de la instalación y vienen a representar el 40% de la inversión total.
- Estructuras soporte de los paneles solares. Incluyen también los equipos de seguimiento del sol para optimizar la producción eléctrica. Representan el 20%.
- Obra civil. Representa solo el 5% ya que apenas hay que realizar movimientos de tierras y obras en este tipo de instalaciones.
- Infraestructura eléctrica. Es una parte muy importante de la instalación e incluye la adecuación de la electricidad producida a las condiciones de la red eléctrica y su conexión. Suele ser el 30%.

El principal inconveniente del sector solar fotovoltaico, como se ha comentado, es que los tecnólogos y fabricantes de los paneles son de procedencia China y es muy difícil, si no imposible, competir con fabricación nacional. La mayoría de los proyectos que se

están construyendo en España disponen de paneles solares chinos. De ahí que el porcentaje de subcontratación a empresas españolas en este sector sería del 60%.

En resumen, para la realización del estudio del impacto económico se tendrá en cuenta que en las instalaciones eólicas el 100% del suministro podría ser local (empresas españolas). No así en la solar fotovoltaica, en la que la presencia de empresas chinas líderes en la fabricación de paneles solares, hace que solo se pueda alcanzar la cifra del 60%.

6. RADIOGRAFÍA DEL SECTOR DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES ESPAÑOL

Una vez estudiados y analizados varios de los factores determinantes para esta investigación, es imprescindible analizar ahora la situación del sector de las energías renovables en España desde un punto de vista empresarial. Para ello, se utilizará la información disponible de las asociaciones empresariales (APPA, AEE y UNEF) y del análisis resultante de las principales empresas promotoras.

6.1. Asociaciones empresariales

En el sector de las energías renovables español se ha producido un proceso asociativo que no se ha dado en otros. Probablemente, esto se deba a la necesidad de agruparse para tener voz o interlocución única con el Gobierno, al tratarse de un sector regulado (energía) cuya viabilidad depende en gran medida del marco normativo o regulatorio existente. Lo que se pretende desde las Asociaciones es que la regulación del sector de las renovables no quede al albur de decisiones políticas, sino que cuente con una estabilidad que haga posible la realización de inversiones dentro de un marco definido.

El Gobierno de España introdujo cambios normativos con carácter retroactivo, a mitad de la vida regulatoria de las instalaciones, que afectaron negativamente a su viabilidad y que tuvieron un impacto muy negativo en el sector. Estos cambios se justificaron por la necesidad de tomar medidas drásticas para reducir el elevado déficit tarifario del sector eléctrico. Una consecuencia de estas medidas han sido las numerosas reclamaciones patrimoniales de inversores internacionales (Fondos de Pensiones, entre otros) que está recibiendo el Gobierno Español.

En este análisis no se pretende identificar todas las asociaciones, sino aquellas más importantes y cuya actividad esté relacionada con los campos a los que va dirigido este trabajo, la energía eólica y la solar fotovoltaica.

- Asociación de Empresas de Energías Renovables (APPA)³². Se trata de la asociación decana del sector. Se creó en 1987, justo en el momento en el que las renovables empezaban a desarrollarse en España. APPA agrupa a entidades y empresas cuyo objeto es el aprovechamiento de las diferentes energías renovables, aglutina fundamentalmente a empresas promotoras y no a empresas fabricantes de equipos o componentes, como es el caso de otras.

APPA realiza, además, una labor importante de difusión de las energías renovables mediante la organización de jornadas y encuentros y su Congreso Anual. Anualmente elabora un Informe sobre el Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España cuya primera edición fue en 2011, en la que se recopilaban datos del sector desde el año 2005.

Estos informes, hasta el año 2017 (publicado recientemente), son los que se analizan en detalle en este trabajo. Se obtendrán conclusiones y servirán de base para realizar un primer análisis del impacto que tendría en la economía y empresas españolas al 2030, alcanzar los objetivos previstos en eólica y solar fotovoltaica en la estrategia de transición energética o de energía y clima.

- Asociación Empresarial Eólica (AEE)³³, se define como la voz del sector eólico español al contar como socios a empresas, alrededor de 200, que representan al 90% del sector, principalmente promotores y fabricantes de aerogeneradores y componentes. Su objetivo principal es promover el desarrollo de la energía eólica en España. La AEE surgió, en su fase inicial, como una escisión de la APPA sección eólica auspiciada por las grandes empresas promotoras (Acciona Energía e Iberdrola). Ambas empresas consideraban que no se defendían suficientemente sus intereses desde una Asociación como APPA, que aglutinaba a todas las tecnologías e incluía también a pequeñas empresas.

Al igual que APPA, la AEE realiza una labor importante de difusión e información. Anualmente, elabora un estudio sobre el impacto del sector eólico en la economía española (en este caso desde 2012).

³² APPA (Asociación de Empresas de Energías Renovables). Disponible: <https://www.appa.es/>

³³ AEE (Asociación Empresarial Eólica). Disponible: <https://www.aeeolica.org/es/>

- Unión Española Fotovoltaica (UNEF)³⁴. Se trata de una asociación sectorial, al igual que la eólica, que defiende en este caso, los intereses del sector fotovoltaico español. Aglutina a socios que representan toda la cadena de valor del sector, desde grandes promotores de proyectos de inversión en fotovoltaica, a centros de investigación y pequeños instaladores y suministradores de componentes.

Al igual que el resto de asociaciones, realizan labores de difusión a través de jornadas y publicaciones y de lobby en sus relaciones con el Gobierno. Es de resaltar, durante estos últimos años, la labor titánica que han realizado para que el Gobierno elimine el peaje de respaldo o impuesto al sol. Finalmente, todo apunta a que lo han conseguido, y que va a impulsar el desarrollo de instalaciones para autoconsumo, en definitiva, instalaciones de solar fotovoltaica. También realizan estudios sobre el impacto económico del sector fotovoltaico en la economía y empresas españolas.

Este gran número de asociaciones, puede suponer que el Gobierno tenga varios interlocutores en el sector de las renovables en lugar de uno como ocurre en otros países (pe. la asociación Renewables UK, en Reino Unido), sin embargo, por su defensa unánime de las renovables, todas ellas contribuyen a resaltar su capacidad de impulsar actividad económica.

6.2. Principales empresas promotoras

No se trata en este apartado de analizar todas las empresas existentes en España que trabajan en el sector de las energías renovables, si no aquellas más importantes que ejercen efecto tractor de la cadena de valor (centros de I+D, tecnólogos, fabricantes de equipos y componentes e instaladores, entre otros).

Uno de los principales grupos empresariales pioneros en España en el sector de las renovables fue Abengoa, que tras una grave crisis tuvo que revisar su estrategia, hoy en día apenas tiene peso en el sector. Actualmente el Grupo Acciona (a través de Acciona Energía) y el Grupo Iberdrola son las empresas líderes.

³⁴ UNEF (Unión Española Fotovoltaica). Disponible: <https://unef.es/>

- Acciona³⁵. Se define como una empresa global, líder en energías renovables e infraestructuras. Se trata de un ejemplo claro de diversificación de una empresa dedicada tradicionalmente a la realización de grandes obras de infraestructuras, hacia el sector de las energías renovables y comprometida con la sostenibilidad. Actualmente, sus líneas de negocio son dos Infraestructuras (Construcción, Concesiones, Agua, Industrial y Servicios) y Energía.

Acciona Energía tiene presencia en más de 20 países (5 continentes) y su actividad se centra en las tecnologías eólica, solar fotovoltaica, termosolar, hidráulica y biomasa. Se trata de un operador energético que solo trabaja en el sector de las renovables. También comercializa energía de origen 100% renovable. En 2017 fue reconocida por los principales índices internacionales de referencia en transparencia y comportamientos medioambientales.

- Iberdrola³⁶. Ejemplo de una compañía eléctrica tradicional, que trabaja en toda la cadena de valor del sector de la energía (generación, transporte, distribución y comercialización), que ha realizado un giro en su estrategia apostando claramente por las energías renovables y que está desinvirtiendo en las energías fósiles y más contaminantes.

Su misión actual es, *“La misión del grupo Iberdrola se centra en prestar un servicio de calidad con fuentes energéticas limpias, encabezar el proceso de transformación digital, luchar contra el cambio climático y generar dividendo social”* en la que deja claro su apuesta por las energías renovables.

6.3. Empresas fabricantes de equipos y componentes. Caso Vasco

Además de Iberdrola y Acciona Energía, que son los principales *players* como se les identifica en el sector, no hay que olvidarse que detrás de ellas hay centros tecnológicos y de investigación, ingenierías y consultorías, fabricantes de equipos y componentes, instaladoras, empresas de mantenimiento, entre otros, que son los principales generadores de empleo y puestos de trabajo, en definitiva, de actividad económica.

³⁵ Acciona Energía. Disponible: <https://www.acciona.com/es/sobre-acciona/>

³⁶ Iberdrola. Disponible: <https://www.iberdrola.com/conocenos>

En España la principal diferencia entre el sector eólico y el solar fotovoltaico, como se ha visto, es que en el primero hay fabricantes nacionales de aerogeneradores líderes a nivel mundial, no así en el segundo, en el que España no es una potencia internacional ni líder en tecnología.

En el sector eólico, está el caso de la empresa Siemens Gamesa *Renewable Energy*, SGER (resultado de la reciente fusión entre Siemens y el grupo español Gamesa), que junto con la empresa danesa Vestas son los líderes mundiales en la fabricación de aerogeneradores. Nordex Acciona *Windpower* es otra empresa del sector que pertenece al grupo español Acciona. Detrás de las empresas anteriores conocidas como OEM³⁷, hay un elevado número de empresas suministradoras con una gran capacidad de generación de empleo.

El caso que se analiza, el País Vasco, son Iberdrola y SGER las empresas que ejercen un fuerte efecto tractor del tejido industrial, junto con otras que trabajan en el sector eólico. En la figura siguiente, obtenida de una presentación de la Asociación Clúster de la Energía³⁸, se observa a lo largo de la cadena de valor estas empresas vascas.

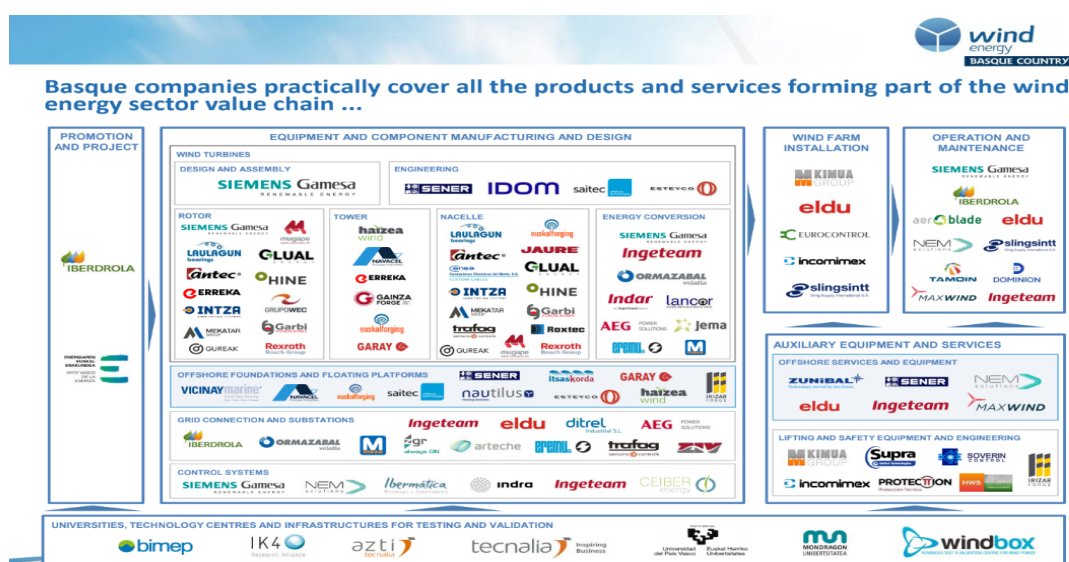


Figura nº 9. Empresas vascas que trabajan en el sector eólico. Fuente: Asociación Clúster de la Energía

³⁷ Cuando se habla de OEM en el sector eólico, se refiere a los fabricantes de aerogeneradores como SGER, General Electric, Nordex y Vestas

³⁸ Clúster de Energía del País Vasco. Disponible: <http://www.clusterenergia.com/wind-energy-basque-country>

En su conjunto en el País Vasco hay 112 empresas que trabajan en el sector eólico y que dan empleo a 15.203 personas, 1.022 personas en actividades de I+D, que facturan 7.527 millones de euros y que dedican 101,2 millones de euros al año en I+D. Estas cifras son del año 2015.

En España, hay otras regiones como Navarra y Galicia, que también cuentan con un desarrollo significativo. Además, el gran despliegue actual de la eólica marina a nivel internacional, está motivando que empresas españolas del sector naval como por ejemplo Navantia, estén teniendo una gran actividad. Su ubicación en zonas portuarias, lugar de donde salen los suministros (palas, torres y subestaciones) a los parques marinos, le aporta una ventaja indiscutible.

Concluir que España tiene grandes capacidades industriales y tecnológicas en el sector eólico y que las estrategias actuales de transición energética, tanto a nivel nacional como internacional, van a dar un fuerte impulso a la economía del sector y en definitiva a la española. En lo que respecta a la solar fotovoltaica, España también cuenta con un sector industrial y tecnológico detrás, pero de menos potencial que el eólico. Lo que falta por cubrir en su cadena de valor, es contar con un fabricante líder de paneles solares fotovoltaicos, aspecto este, que habría que impulsar desde las instituciones.

7. IMPACTO MACROECONÓMICO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN LA ECONOMÍA ESPAÑOLA

Como se ha venido analizando, una estrategia de transición energética basada en el uso de las energías renovables e impulso de la eficiencia energética, además de sus indudables y numerosas ventajas ambientales, es una oportunidad para la economía de un país. En el caso de España, el contar con un sector industrial y tecnológico líder mundial en numerosos ámbitos y sectores de las renovables, así como con empresas promotoras de proyectos de primera línea, facilita enormemente su desarrollo.

El impacto macroeconómico que se cuantifica es el que tendría en la economía española y en nuestras empresas la estrategia de transición energética prevista por España al 2030. El documento que se va a utilizar de referencia es el informe elaborado por los expertos sobre transición energética, en el que se fijan objetivos de renovables al 2030 para el “Caso Base” y en concreto de eólica y solar fotovoltaica, que son los sectores a estudiar por su mayor desarrollo previsto.

Para el trabajo, se van a revisar:

- En primer lugar, los diferentes estudios e informes sobre impacto macroeconómico elaborados por diversas Asociaciones e Instituciones españolas como son APPA, AEE, UNEF y Greenpeace, al objeto de analizar las metodologías de trabajo que han seguido e identificar y seleccionar los indicadores más adecuados a considerar en nuestro trabajo.
- Tras el análisis anterior, se revisarán en detalle las conclusiones sobre la situación y el impacto en la economía española de las renovables en 2017, de manera que sirva como año base de referencia (2017) a efectos de este estudio. Para ello se utilizará el informe de APPA, por ser el más completo y del que se dispone de más años de información.
- Finalmente, a partir de los trabajos anteriores, se desarrollará una metodología propia para realizar un primer estudio sobre el impacto macroeconómico de la estrategia de transición energética española al 2030, que se aplicará a los objetivos previstos en el informe de los expertos en energía eólica y solar fotovoltaica.

7.1. Análisis previos realizados por asociaciones e instituciones

7.1.1. *Greenpeace*

La asociación ecologista Greenpeace, organización cuyo objetivo principal es proteger y defender el medio ambiente, presentó en 2014 el informe “El impacto de las energías renovables en la economía con el horizonte 2030”³⁹ que elaboró con el apoyo de la empresa de consultoría “*Abay* Analistas Económicos y Sociales”.

Greenpeace pretendía con dicho informe, contribuir al debate respecto al modelo energético actual y hacia el que habría que evolucionar por razones puramente ambientales. Pero, además, incorporó al debate energético argumentos de tipo económico y social que reforzaban sus posiciones y que desde entonces, forman parte de todos los análisis que se realizan sobre políticas y estrategias energéticas.

Probablemente cuando se publicó el informe de Greenpeace, gran parte de la sociedad española lo tachó de estar alejado totalmente de la realidad. Sin embargo, la situación actual es bien distinta, ya que desde las instituciones (nacionales y europeas), se están trasladando señales que indican que es posible alcanzar una sociedad descarbonizada en el año 2050, en la que no será necesario quemar combustibles fósiles para producir electricidad. Esta es una cuestión que, hasta hace relativamente poco tiempo, nadie o casi nadie se la podía imaginar.

En el informe de Greenpeace se señalaba que, las energías renovables eran una alternativa viable y posible, gracias al acelerado desarrollo tecnológico que se estaba produciendo durante los últimos años y a la evolución en la reducción de los costes de generación de energía. Además, el informe anotaba que era necesario identificar y cuantificar los efectos sociales y económicos en un territorio determinado como consecuencia de una política basada en el impulso de las energías renovables.

³⁹ Greenpeace, El impacto de las energías renovables en la economía con el horizonte 2030, octubre de 2014. Disponible: <http://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/2014/Report/cambio-climatico/Informe%20ER%20Economi%CC%81a.pdf>

En este informe, se calculaba la contribución económica de las energías renovables referida al año 2012 y se realizaba una proyección de lo que sucedería en el 2030 con una política basada en su mayor desarrollo. Para ello, Greenpeace utilizó los siguientes indicadores que van a servir de referencia para este trabajo:

- Contribución al Producto Interior Bruto (PIB) de la economía española.
- Contribución a la creación de empleo. Para ello Greenpeace se apoyaba en diversos estudios realizados por organizaciones internacionales, como es el caso de IRENA, que demuestran la relación directa entre renovables y empleo y que publican estadísticas todos los años.
- Contribución a la cohesión social y territorial al generar empleo de calidad. Las energías renovables también ayudan al mantenimiento y a la creación de empleo en zonas rurales con elevado riesgo de despoblación.
- Contribución al sistema fiscal. El IDAE, organismo que depende actualmente del Ministerio para la Transición Ecológica, había realizado diversos estudios que confirmaban que la aportación de las renovables a la balanza fiscal era positiva, al ser menores las ayudas recibidas por estas, vía primas o subvenciones que las aportaciones realizadas a las diferentes administraciones en concepto de impuestos (sociedades, IRPF, tributos locales, entre otros).
- Contribución a la I+D+i. También se aportaban datos de numerosos estudios realizados por IDAE que confirmaban el impulso al I+D y a la Innovación que significaban las renovables.
- Contribución a la reducción de emisiones a la atmósfera al sustituir la quema o combustión de fuentes energéticas fósiles por renovables.

7.1.2. AEE (Asociación Empresarial Eólica)

La AEE, asociación para el impulso y desarrollo de la energía eólica, también viene elaborando desde 2008 el estudio de “Impacto macroeconómico del sector eólico en España”. Para su realización cuenta con el apoyo de la consultora Deloitte.

Recientemente, la AEE acaba de publicar una nueva edición del informe anterior, en el que se considera la actividad del sector eólico español durante los dos últimos años

(2016 y el 2017⁴⁰) y su contribución a la economía española. En él, se cuantifican las siguientes variables:

- Impacto directo e indirecto sobre el PIB a lo largo del período 2012-2017.
- Desagregación del impacto directo sobre el PIB a lo largo de la cadena de valor del sector eólico (promotores y fabricantes de equipos).
- Contribución al empleo.
- Impacto fiscal.
- Relevancia en relación a las exportaciones.
- Contribución a la reducción de los gases GEI, principalmente CO₂.
- Reducción de la dependencia energética.
- Contribución a actividades de I+D+i.
- Impacto sobre los precios del mercado *pool* de electricidad.

7.1.3. UNEF (Unión Nacional Fotovoltaica)

UNEF, asociación para el desarrollo de la energía solar fotovoltaica, publica anualmente un informe sobre la situación del sector solar fotovoltaico, haciendo especial hincapié en su capacidad de impulso económico y de generación de empleo.

Recientemente, UNEF ha publicado su informe correspondiente al año 2017⁴¹ en el que destaca lo siguiente:

- La huella económica del sector en 2017 alcanzó la cifra de 3.935 millones de euros, frente a los 3.781 millones de euros de 2016. Se entiende por huella económica la agregación de generación de PIB atribuible al sector fotovoltaico.
- El impacto de las exportaciones del sector fotovoltaico en el PIB tuvo un peso de 868 millones de euros en 2017 y 850 millones de euros en 2016. En 2017 vino a representar un 22,4 % del total de la huella económica.

⁴⁰ AEE, Estudio Macroeconómico del Impacto del Sector Eólico en España: 2016-2017. Disponible: <https://www.aeelica.org/comunicacion/publicaciones-aeelica/estudios-macroeconomicos/3790-estudio-macroeconomico-del-impacto-del-sector-eolico-en-espana>

⁴¹ UNEF, Informe anual 2017. Disponible: <https://unef.es/informacion-sectorial/informe-anual-unef/>

- La huella de empleo del sector en 2017 fue de 19.057 empleos, frente a los 18.377 de 2016.

7.1.4. APPA (*Asociación de Productores de Renovables*)

APPA es la asociación decana del sector de las energías renovables que viene publicando, desde 2005, un exhaustivo estudio sobre el impacto macroeconómico del conjunto de las energías renovables en España⁴², así como de cada una de las tecnologías.

Los indicadores utilizados por APPA en sus estudios se analizan globalmente para el conjunto de las renovables e individualmente por tecnología (eólica y solar fotovoltaica, entre otras) y son los siguientes:

- Contribución directa, inducida y total al PIB español.
- Creación de empleo directo e indirecto.
- Contribución a la balanza comercial, como diferencia entre las exportaciones e importaciones del sector de las renovables.
- Contribución a la balanza fiscal, como diferencia entre los impuestos satisfechos por las empresas de renovables y las ayudas recibidas.
- Contribución al I+D+i.

7.2. Análisis APPA del impacto del sector de las energías renovables en la economía española en 2017

Se analiza ahora en profundidad el estudio realizado por APPA en 2017, al utilizarse como año base para nuestro estudio.

De este informe resaltamos los siguientes **aspectos positivos**:

⁴² APPA, Estudio del impacto macroeconómico de las energías renovables en España. Disponible: <https://www.appa.es/documentos-appa/>

- La fuerza exportadora de las empresas españolas de renovables. En 2017 se produjo un saldo neto exportador de 3.117 millones de euros. El resultado anterior se contrapone con el déficit comercial de la economía española que en 2017 fue de -22.694 millones de euros, de los que -19.269 millones de euros correspondían al déficit del sector energético.
- Las renovables, tanto para usos eléctricos como térmicos, contribuyeron a la reducción de las importaciones de combustibles fósiles que se calcula en 6.951 millones de euros ahorrados. A la cifra anterior habría que sumar las emisiones de CO₂ evitadas que suponen 332 millones de euros.
- En 2017, las renovables contribuyeron en 7.496 millones de euros a la economía nacional, aproximadamente un 0,80% del PIB nacional. Se trata del tercer año que evoluciona positivamente. Por tecnologías, fueron la solar fotovoltaica y la eólica las que tuvieron mayor contribución, con un 31,7% y 23,7%, respectivamente, respecto a la contribución total del 0,8%.
- En cuanto al empleo, en 2017 también evolucionó positivamente. Actualmente, hay 78.667 personas trabajando en el sector de las renovables, cifra aún muy alejada de los 127.548 puestos de trabajo existentes en 2011, coincidiendo con el boom español de las renovables. Este impulso del empleo viene motivado por las subastas promovidas por el Gobierno para reactivar el sector y así poder alcanzar los objetivos marcados por la UE en materia de renovables (32% en 2030).

También se han analizado los **aspectos negativos** del año 2017, como son:

- La baja producción hidráulica, al ser el 2017 un año seco que sumada a la no incorporación de nuevas instalaciones, hizo que las renovables solo aportasen el 16,7% de la energía final, muy lejos del objetivo del 20% al 2020.
- El descenso en la generación hidráulica y el incremento del consumo energético en 2017 fue cubierto con combustibles fósiles, lo que nos alejó en 2017 del cumplimiento de los objetivos de renovables. Además, ha abocado a la economía española a una situación de debilidad ante las posibles variaciones al alza de los precios de los combustibles.

El balance del año 2017 determina que, tras varios años de descenso continuado de la actividad económica del sector de las renovables, motivado en gran medida por los numerosos cambios regulatorios llevados a cabo por el gobierno, por fin se ha producido un cambio positivo de tendencia. A partir de ahora, se espera que el sector tenga un crecimiento sostenido orientado al cumplimiento de los objetivos del Acuerdo de París 2015 en materia de energías renovables.

7.3. Una primera aproximación al impacto macroeconómico de la transición energética al 2030 en España

Retomando el informe del “Caso Base”, recordamos que los objetivos en energía eólica y solar fotovoltaica (apartado 4, figura nº 5) son los siguientes:

- Eólica. De 22.863 MW en 2017 a 31.000 MW en 2030, siendo el incremento de 8.137 MW. Las inversiones a realizar serían de 10.578 millones de euros.
- Solar fotovoltaica. De 4.431 MW en 2017 a 47.157 MW en 2030, siendo el incremento de 42.726 MW. Las inversiones a realizar serían de 27.350 millones de euros.

7.3.1. Indicadores seleccionados

Una vez analizados estos informes y estudios, considerados los más relevantes para el análisis del impacto macroeconómico de la estrategia de transición energética en España al 2030 (Greenpeace, AEE, UNEF y APPA), así como otras fuentes de información, se identifican y definen los siguientes indicadores base para este estudio:

- Ahorro en importaciones energéticas de combustibles fósiles, como consecuencia de su menor necesidad al incrementar el aprovechamiento de las energías renovables.
- Emisiones evitadas de CO₂ al reducir la quema de combustibles fósiles.
- Ahorro económico en la compra de derechos de emisión.
- Aportación al PIB nacional.
- Empleo generado.
- Gasto en I+D.

- Inversiones a realizar.
- Subcontratación a empresas españolas.

El análisis se realizará tanto para la eólica como para la solar fotovoltaica.

7.3.2. Metodología desarrollada

La metodología desarrollada y utilizada para el cálculo de los indicadores anteriores ha sido la siguiente:

- Lectura y análisis de los estudios elaborados por APPA desde 2005.
- Elaboración, a partir de la información anterior, de dos hojas Excel de cálculo (Anexos 1 y 2) una por fuente de energía (eólica y solar fotovoltaica) que recogen, durante el período 2005-2017, la siguiente información por columnas:
 - Año de estudio.
 - Potencia instalada en el año (MW).
 - Potencia instalada acumulada (MW).
 - Producción de energía eléctrica anual (GWh/año).
 - Aportación al PIB (M€).
 - Incremento de aportación al PIB respecto al año anterior (M€).
 - Ratio incremento de aportación al PIB por incremento de potencia instalada. El promedio de éste ratio, durante el período 2005-2017, se utilizará para calcular el PIB a partir del 2018 hasta el 2030. En el caso de la eólica es de 10,71 y en el de la solar fotovoltaica de 6,45.
 - Empleo acumulado (nº empleos).
 - Incremento de empleo respecto al año anterior (nº empleos).
 - Ratio incremento de empleo por incremento de potencia instalada. El promedio de éste ratio, durante el período 2005-2017, se utilizará para calcular el empleo a partir del 2018 hasta el 2030. En el caso de la eólica es de 21,81 y en el de la solar fotovoltaica de 68,05.

- Elaboración de dos hojas Excel de cálculo (Anexos 3 y 4), una por tipo de energía (eólica y solar fotovoltaica), en las que se calculan del 2018 al 2030 los siguientes indicadores para la evaluación del impacto macroeconómico:
 - Potencia anual instalada (MW). En los Anexos 3 y 4 se realiza una propuesta de potencia a instalar anualmente en base a la experiencia y contraste con terceros (sectores eólico y fotovoltaico), con el objetivo de alcanzar a 2030 la potencia acumulada recogida en el informe de los expertos (31.000 MW en eólica y 47.157 MW en fotovoltaica).
 - Potencia instalada acumulada (MW). Sería la suma de la nueva potencia instalada, más la ya instalada en el año 2017 como consecuencia de políticas anteriores. En definitiva, sería la potencia del conjunto de parques eólicos instalados en España en el caso de la eólica, y de las instalaciones solares en el caso de la fotovoltaica.
 - Producción de energía eléctrica (GWh/año) de la nueva potencia instalada a partir de 2018. Se han considerado las horas equivalentes de funcionamiento previstas en el informe de los expertos, 2200 h/año en el caso de la eólica y 2068 h/año en el caso de la solar fotovoltaica.
 - Ahorro de importaciones energéticas (M€). Para ello se ha considerado como aproximación que, la producción eléctrica de origen eólico y fotovoltaico, sustituye a la que se producía con gas natural en una central de ciclo combinado. En consecuencia, se ha considerado el coste del gas natural necesario para producir 1 MWh. El coste medio utilizado, tras su contraste con el sector energético, es de 25€/MWh.
 - Emisiones evitadas de CO₂ (t). Se han considerado las emisiones evitadas para producir 1 MWh en una central de ciclo combinado con gas natural. En el informe de los expertos se habla de 0,355 tCO₂/MWh.
 - Ahorro económico en compra de derechos de emisión (M€). Se ha considerado un valor medio de 50€/t CO₂, cifra superior a las que se recogen en el informe de los expertos, ya que análisis posteriores de otros expertos apuntan a 35-40€/t CO₂ en el año 2020, y a 50€/t CO₂ en 2025, lo que acelerará el cierre de las centrales a carbón.

- Aportación al PIB (M€). Se han considerado las ratios medias de incremento de PIB por incremento de potencia calculadas en el apartado anterior. En el caso de la eólica 10,71 y en el de la solar fotovoltaica 6,45.
- Aportación al PIB acumulado (M€).
- Empleo por incremento de potencia (nº de empleos). Se han considerado las ratios medias de empleo producido por incremento de potencia calculada en el apartado anterior. En el caso de la eólica 21,81 y en el de la solar fotovoltaica 68,05.
- Empleo acumulado (nº empleos).
- Gasto en I+D (M€). De los análisis realizados y del contraste con el sector, se ha considerado que las empresas dedican una media del 3% de su contribución al PIB a actividades de I+D, tanto en eólica como en fotovoltaica.
- Inversiones (M€). Para su cálculo se han considerado las inversiones específicas previstas en el informe de los expertos, 640 €/kW en el caso de la solar fotovoltaica, y 1.300 €/kW en eólica.
- Inversiones acumuladas (M€).
- Subcontratación a empresas españolas (M€). En el caso de la eólica sería del 100%, al considerar que la producción nacional, incluida la fabricación de los aerogeneradores, podría ser del 100%. No así en el caso de la solar fotovoltaica, al no contar en España, tampoco en la UE, con plantas de fabricación de paneles solares fotovoltaicos y tener que importarlos en la mayoría de los casos de China. Como se ha visto en el apartado 5 relativo a desglose de costes de la solar fotovoltaica, la compra de paneles viene a representar el 40% del presupuesto total de una instalación fotovoltaica. El resto (60%) sería fabricación nacional.
- Subcontratación acumulada a empresas españolas (M€).

7.3.3. Resultados

Realizado el estudio de los indicadores, se obtienen los datos del impacto macroeconómico que tendría para la economía española alcanzar los objetivos previstos en la estrategia energética española en eólica y solar fotovoltaica al 2030 (resumen de los Anexos 3 y 4) reflejados en esta tabla:

IMPACTOS	EÓLICA	SOLAR FOTOVOLTAICA	TOTAL
Incremento de potencia renovable ⁴³ (MW)	8.137	42.726	50.863
Incremento de producción eléctrica renovable (GWh/año)	17.333,80	87.850,71	105.184,51
Ahorro en importaciones energéticas (M€)	2.982,60	12.096,82	15.079,42
Emisiones evitadas CO ₂ (t)	42.352.849	171.774.811,34	214.127.660,34
Ahorro económico en compra de derechos de emisión (M€)	2.117,64	8.588,74	10.706,38
Aportación al PIB español (M€)	84.384,09	274.002,45	358.386,54
Incremento de empleo generado (nº empleos)	12.627,99	372.982,05	385.610,04
Gasto en I+D (M€)	2.531,52	8.220,07	10.751,59
Inversiones (M€)	10.242,70	27.187,84	37.430,54
Subcontratación a empresas españolas (M€)	10.242,70	16.312,70	26.555,4

Figura nº 10. Cuadro resumen impacto macroeconómico. Elaboración propia

⁴³ Datos extraídos del informe de los expertos. Presenta ciertas diferencias con la información APPA

Las cifras anteriores confirman el elevado impacto que tendría en la economía y empresas españolas una estrategia energética basada en energías renovables (eólica y solar fotovoltaica). Confirman también, los resultados de estudios realizados por organizaciones internacionales, como IRENA, en los que se hace referencia a su gran capacidad de generar empleo estable y de contribuir al PIB nacional.

En el caso de España, vemos que los resultados de la fotovoltaica superan con creces a los de la eólica debido a que los objetivos son muy superiores en la “Estrategia de Transición Energética”.

Los resultados globales de este impacto son:

- Ahorro económico para España en importaciones energéticas y compra de derechos de emisión superior a 25.000 millones de euros.
- Generación de empleo estable próximo a 400.000 nuevos puestos de trabajo.
- Gasto en I+D e Innovación superior a 10.000 millones de euros.
- Inversiones cercanas a 40.000 millones de euros, con una subcontratación prevista a empresas españolas de 30.000 millones de euros.

Como se ha comentado a lo largo del trabajo, actualmente se están revisando los objetivos en materias de renovables, y será el PNIEC 2030 el que establezca los definitivos. Con casi total probabilidad, los objetivos finales serán superiores a los definidos en el informe de los expertos, al haberse elevado el objetivo de renovables para el conjunto de la UE hasta el 32% y estando previsto, a la luz de las primeras declaraciones políticas sobre el futuro PNIEC 2030, que España supere la cifra anterior. Si los objetivos finalmente fueran superiores, el impacto recogido en la figura anterior, será ampliamente superado.

8. CONCLUSIONES

El impacto macroeconómico en la economía española de la estrategia de transición energética en el 2030 en energías renovables, no se puede entender sin el análisis de las consecuencias del imparable cambio climático

La Cumbre de París, COP21 de 2015, supuso un punto de inflexión en la lucha contra el cambio climático, en la que se acordó limitar el incremento de la temperatura del planeta en 2° C respecto a los niveles preindustriales.

La solución a este cambio climático pasa por evolucionar, de un modelo energético basado en la quema de combustibles fósiles altamente contaminantes, como el carbón y el petróleo, a otro basado en la eficiencia energética y en el uso de energías limpias y renovables, como la solar y la eólica. En definitiva, un modelo que permita avanzar hacia la descarbonización total del sector energético en el año 2050.

Actualmente, este paso es posible gracias a la drástica reducción de costes que se siguen produciendo en las energías renovables debido a las innovaciones y avances tecnológicos, pero no puede llevarse a acabo de la noche a la mañana. Esta transición tiene que ser de forma gradual y este proceso es el que se viene a denominar “*Transición Energética*”, en el que previsiblemente el gas natural seguirá jugando un papel relevante.

La UE, comprometida con la lucha contra el cambio climático, quiere liderar ese proceso a nivel mundial, para lo que está estableciendo unos objetivos muy ambiciosos en materia de reducción de emisiones y de energías renovables, elevando del 27% al 32% el objetivo de renovables en el consumo energético de la UE en el 2030. España también se suma a esta declaración de intenciones. Realizado un ejercicio preliminar, con la elaboración del informe, encargado a 14 expertos, para la definición de una estrategia de transición energética, con unos objetivos claros en materia de energías renovables, el Gobierno Español está elaborando una Ley de Cambio Climático y Transición Energética y un Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2030.

Numerosos estudios realizados por organizaciones internacionales (OIT, IRENA, Greenpeace, entre otras) y nacionales (APPA, AEE, UNEF y AEE), confirman el impacto positivo que puede suponer esta Transición Energética para las economías en términos de generación de empleo, contribución al PIB, contribución a la balanzas fiscal y comercial, gasto en I+D, entre otros.

Este trabajo ha desarrollado una metodología que sirve para medir el impacto macroeconómico que tendría para la economía española, alcanzar los objetivos previstos en eólica y solar fotovoltaica.

Los resultados recogidos en el cuadro de impacto macroeconómico, confirman el impacto positivo que supondría el logro de estos objetivos, no solo por sus ventajas ambientales sino también macroeconómicas: un ahorro económico para la economía española en importaciones energéticas y compra de derechos de emisión que superan los 25.000 millones de euros; la generación de empleo estable, sobre 400.000 puestos de trabajo; un gasto en I+D e Innovación superior a 10.000 millones de euros; a lo que se suma unas inversiones cercanas a 40.000 millones de euros, con una subcontratación a empresas españolas de 30.000 millones de euros.

Concluir subrayando que sin duda, la descarbonización del sector energético a través de una estrategia energética basada en las energías renovables es un reto lleno de riesgos, pero a su vez con grandes oportunidades para la economía española.

9. GLOSARIO DE TÉRMINOS

- Autoconsumo. Se refiere a instalaciones que producen electricidad para consumo propio.
- Biocarburantes. Carburantes de origen biológico utilizados para automoción. El bioetanol es de características similares a la gasolina, y el biodiesel al diésel o gasóleo.
- Descarbonización. Se utiliza al hablar de un modelo energético basado, principalmente, en el uso de energías renovables, para alcanzar el objetivo de reducción de emisiones de GEIs marcado por la UE.
- Efecto invernadero. Es el incremento de la temperatura en la atmósfera debido a la concentración de gases en la misma, fundamentalmente CO₂.
- Eficiencia energética. Es el uso de la energía de manera eficiente. Se trata de producir más consumiendo menos energía, en nuestras viviendas, industrias y en el transporte, fundamentalmente.
- Energía primaria. Se refiere a cualquier forma de energía disponible en la naturaleza antes de ser transformada. Incluye tanto a los combustibles fósiles (carbón, petróleo), como renovables.
- Fotovoltaica. Es una forma de aprovechar la radiación del sol para producir directamente electricidad. Para ello se utilizan células fotoeléctricas.
- Gases de efecto invernadero (GEIs). Son los gases que están en la atmósfera natural y antropogénica (consecuencia de la actividad humana) y que contribuyen al efecto invernadero. Los principales son: vapor de agua, dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄).
- Geotermia. Consiste en el aprovechamiento del calor del suelo para producir agua caliente o calefacción.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Se creó en 1988 para realizar evaluaciones sobre los conocimientos científicos relacionados con el cambio climático, sus causas, sus efectos y la elaboración de estrategias para combatirlo. En 2007 recibió el Nobel de la Paz junto Al Gore (fue Vicepresidente de EEUU en la era de Bill Clinton)
- Intensidad energética. indicador del consumo de energía por unidad de PIB.
- Régimen de Comercio de Derechos de Emisión (RCDE). Es la principal herramienta con la que cuenta la UE para la reducción de emisiones de gases GEIs, en los sectores de la aviación y en el de grandes instalaciones del sector industrial y energético (centrales térmicas), que representan en su conjunto el

45% del total de emisiones GEIs de la UE. Se trata de un instrumento de mercado, mediante el que se crea un incentivo o desincentivo económico que persigue un beneficio medioambiental.

- Transición energética. Es el proceso de cambio de una economía basada en combustibles fósiles a otra sostenible basada en fuentes de energía renovables.
- Vehículo híbrido eléctrico. Es un vehículo que combina motor eléctrico y motor de combustión.
- Vehículo híbrido enchufable. Es un vehículo híbrido eléctrico en el que las baterías se pueden recargar enchufando el vehículo a la red eléctrica.
- Tep (tonelada equivalente de petróleo). Es una unidad de energía. Es la cantidad de energía que hay en una tonelada de petróleo.

10. BIBLIOGRAFÍA

10.1. Artículos y Publicaciones

- *El macro proyecto eólico marino de Iberdrola ahorrará 1200 millones a los consumidores*, Europa Press, 2 de agosto de 2018. Disponible: <http://www.europapress.es/economia/energia-medio-ambiente-00183/noticia-macroyecto-eolico-marino-iberdrola-massachusetts-ahorrara-1200-millones-consumidores-20180802175703.html>
- González Río, M.J Metodología de la investigación social. Técnicas de recolección de datos, (1997), Aguaclara.
- Iagua, *La cumbre sobre cambio climático concluye con avances desiguales*. Disponible: <https://www.iagua.es/noticias/onu/conferencia-bangkok-cambio-climatico-concluye-avances-desiguales>
- Montes, L, *Amazon, Google y Apple se convierten en inesperados impulsores de las energías renovables*, Business Insider, 2 de agosto de 2018. Disponible: <https://www.businessinsider.es/amazon-google-apple-convierten-inesperados-impulsores-energias-renovables-202376>
- Ojea, L, *El Periódico de la Energía*, 6 de septiembre de 2018, Disponible: <https://elperiodicodelaenergia.com/dominguez-abascal-anuncia-que-se-destinaran-100-000-millones-de-euros-para-la-transicion-energetica-en-espana-hasta-2030/>
- Planelles, M, *La cumbre de París cierra un acuerdo histórico sobre cambio climático*, El País, 22 de junio de 2016. Disponible: https://elpais.com/internacional/2015/12/12/actualidad/1449910910_209267.html
- Pereda, C, *Qué ocurre con el acuerdo de París tras el abandono de Trump*, El País, 2 de junio de 2017. Disponible: https://elpais.com/internacional/2017/05/31/estados_unidos/1496238308_555328.html
- Ruiz Olabuénaga, J.I. *Metodología de investigación cualitativa*, (1996).
- Saugar, J, *La oportunidad es ahora: de cambio climático a cambio sistémico*, El País, 2 de enero de 2018. Disponible: https://elpais.com/elpais/2017/11/29/planeta_futuro/1511976746_129254.html
- Trotta, T, *El mundo no puede pararse porque EEUU se mueva en otra dirección*, El País, 12 de diciembre de 2016. Disponible: https://elpais.com/elpais/2016/11/30/planeta_futuro/1480517754_840521.html
- Ximenez de Sandobal, P, *California se ofrece por ley a utilizar 100% renovable en 2045*, El País, 10 de septiembre de 2018. Disponible: https://elpais.com/sociedad/2018/09/10/actualidad/1536599906_247059.html

10.2. Páginas Web (gobiernos, empresas, asociaciones)

- Acciona Energía. Disponible: <https://www.acciona.com/es/sobre-acciona/>
- AEE (Asociación Empresarial Eólica). Disponible: <https://www.aeelica.org/es/>
- Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA). Disponible: <http://www.irena.org/>
- APPA. Energías renovables. Disponible: <https://www.appa.es/informes/>
- Clúster de Energía del País Vasco. Disponible: <http://www.clusterenergia.com/wind-energy-basque-country>
- Comisión de Expertos sobre Transición Energética (Informe). Disponible: http://www6.mityc.es/aplicaciones/transicionenergetica/informe_cexpertos_20180402_veditado.pdf
- Empresas españolas sector eléctrico (AELEC). Disponible: <https://www.aelec.es/>
- Club Español de la Energía (ENERCLUB). Disponible: <https://www.enerclub.es/>
- Greenpeace, El impacto de las energías renovables en la economía con el horizonte 2030, octubre de 2014. Disponible: <http://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/2014/Report/cambio-climatico/Informe%20ER%20Economi%CC%81a.pdf>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Disponible: http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml
- Iberdrola. Disponible: <https://www.iberdrola.com/conocenos>
- Ministerio de Comercio y Turismo sobre sobre datos energéticos 2015 Disponible: http://www.mincotur.gob.es/energia/balances/Balances/LibrosEnergia/Energia_2015.pdf
- New Climate Economy (NCE). Disponible: <https://newclimateeconomy.net/>
- Información Agencia Internacional de la Energía (AIE). Disponible: <https://www.iea.org/>
- Organización Internacional del Trabajo (OIT). Disponible: <https://www.ilo.org/global/research/global-reports/weso/greening-with-jobs/lang--es/index.htm>
- RCDE. Disponible: <https://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/comercio-de-derechos-de-emision/el-comercio-de-derechos-de-emision-en-espana/funcionamiento-del-regimen-de-comercio-de-derechos-de-emision-en-espana/>
- UNEF sobre el paquete de invierno de la UE. Disponible: <https://unef.es/2017/12/un-solido-paquete-de-invierno-es-imperativo-para-la-futura-descarbonizacion-de-la-energia/>
- United Nations Climate Change. Disponible: <https://unfccc.int/es>

- Información cumbre 2018 en Katowice (Polonia). Disponible: <https://unfccc.int/es/news/katowice-acogera-la-conferencia-de-la-onu-sobre-cambio-climatico-de-2018-cop24>
- Siemens Gamesa Renewable Energy (SGRE). Disponible: <https://www.siemensgamesa.com/es-es>
- UNEF (Unión Española Fotovoltaica). Disponible: <https://unef.es/>

10.3. Legislación

- Comisión Europea.
Disponible: <https://ec.europa.eu/energy/en/news/commission-proposes-new-rules-consumer-centred-clean-energy-transition>
- Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética. Disponible: <https://www.boe.es/doue/2018/156/L00075-00091.pdf> Información Consejo Europeo/Consejo de la UE.
Disponible: <http://www.consilium.europa.eu/es/press/press-releases/2018/06/27/renewable-energy-council-confirms-deal-reached-with-the-european-parliament/>
- Directiva (UE) 2018/844 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética. Disponible: <https://www.boe.es/doue/2018/156/L00075-00091.pdf>

11. INDICE DE FIGURAS Y FOTOGRAFIAS

11.1. Figuras

- Figura nº 1. Países que han presentado planes de reducción de emisiones
- Figura nº 2. Posible reducción del 80% de las emisiones de gases de efecto invernadero en la UE
- Figura nº 3. Dependencia energética en España (2016)
- Figura nº 4. Escenarios estudiados en el análisis de sensibilidad sobre el Caso Base
- Figura nº 5. Potencia en eólica y solar fotovoltaica al 2030 e inversiones a realizar
- Figura nº 6. Empleos por tecnología renovable en el mundo en 2016
- Figura nº 7. Evolución (2010-2017) costes por tipo de energía renovable en US \$/kWh
- Figura nº 8. Evolución (2010-2020) costes de eólica (terrestre y marina), solar fotovoltaica y termosolar en US \$/kWh
- Figura nº 9. Empresas vascas que trabajan en el sector eólico
- Figura nº 10. Cuadro resumen impacto macroeconómico

11.2. Fotografías

- Fotografía nº 1. Efectos del huracán Katrina (2005) en el Golfo de México. Provocó 1800 muertes
- Fotografía nº 2. Extracción de petróleo en Alaska
- Fotografía nº 3. Parque eólico terrestre en México
- Fotografía nº 4. Parque eólico marino
- Fotografía nº 5. Aplicación de la solar fotovoltaica para suministro de electricidad a una zona aislada
- Fotografía nº 6. Aplicación de la solar fotovoltaica para autoconsumo
- Fotografía nº 7. Instalación solar fotovoltaica promovida por Acciona en África

12. ANEXOS

- Anexo 1. Estudio APPA sobre impacto macroeconómico (Período 2005-2017). Energía eólica (elaboración propia a partir datos APPA)
- Anexo 2. Estudio APPA sobre impacto macroeconómico (Período 2005-2017). Energía solar fotovoltaica (elaboración propia a partir datos APPA)
- Anexo 3. Estudio impacto macroeconómico (Período 2017-2030). Energía eólica (elaboración propia)
- Anexo 4. Estudio impacto macroeconómico (Período 2017-2030). Energía solar fotovoltaica (elaboración propia)

FUTURO IALICA (Elaboracion propia a partir datos APPA)							
POTENCIA INSTALADA ACUMULADA (MW)	PRODUCCIÓN ENERGÍA ELÉCTRICA (GWh/año)	APORTACIÓN AL PIB (M€/año)	INCREMENTO APORTACIÓN AL PIB (M€)	RATIO INCREMENTO APORTACIÓN AL PIB (M€)/INCREMENTO POTENCIA INSTALADA (MW)	EMPLEO ACUMULAD O (Nº)	INCREMENTO EMPLEO (Nº)	RATIO INCREMENTO EMPLEO (Nº)/INCREMENTO POTENCIA INSTALADA (MW)
41,00	n.d	298,00	n.d	n.d	8.479,00	n.d	n.d
107,00	n.d	330,00	32,00	0,48	8.704,00	225,00	3,41
497,00	705,00	391,00	61,00	0,16	9.325,00	621,00	1,59
3.463,00	2.549,00	1.586,00	1.195,00	0,40	27.693,00	18.368,00	6,19
3.630,00	6.204,00	3.064,00	1.478,00	8,85	12.504,00	-15.189,00	-90,95
3.828,00	6.400,00	3.129,00	65,00	0,33	11.509,00	-995,00	-5,03
4.222,00	7.249,00	3.012,00	-117,00	-0,30	11.683,00	174,00	0,44
4.513,00	7.996,00	3.344,00	332,00	1,14	11.490,00	-193,00	-0,66
4.636,00	8.262,00	3.005,00	-339,00	-2,76	10.767,00	-723,00	-5,88
4.646,00	8.171,00	2.610,00	-395,00	-39,50	9.944,00	-823,00	-82,30
4.662,00	8.212,00	2.704,00	94,00	5,88	10.210,00	266,00	16,63
4.674,00	7.942,00	2.755,00	51,00	4,25	10.392,00	182,00	15,17
4.676,00	8.388,00	2.952,00	197,00	98,50	12.308,00	1.916,00	958,00
				6,45			68,05
				(Promedio)			(Promedio)

POTENCIA INSTALADA ACUMULADA (MW)	PRODUCCIÓN ENERGÍA ELÉCTRICA (GWh/año)	AHORRO EN IMPORTACIONES ENERGÉTICAS (M€/año)	EMISIONES EVITADAS CO2 (t/año)	AHORRO ECONÓMICO EN COMPRA DE DERECHOS DE EMISIÓN (M€/año)	APORTACIÓN AL PIB (M€/año)	EMPLEO POR INCREMENTO DE POTENCIA (Nº)	EMPLEO ACUMULADO (Nº)	GASTO EN I+D (M€)	INVERSIONES (M€)	SUBCONTRATACIÓN EMPRESAS ESPAÑOLAS (M€)
23.121,00	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	20.199,00	n.d	n.d	n.d
23.421,00	660,00	16,50	234.300,00	11,72	3.213,00	6.543,00	26.742,00	96,39	390,00	390,00
23.921,00	1.760,00	44,00	624.800,00	31,24	5.355,00	10.905,00	31.104,00	160,65	650,00	650,00
24.421,00	2.860,00	71,50	1.015.300,00	50,77	5.355,00	10.905,00	31.104,00	160,65	650,00	650,00
25.171,00	4.510,00	112,75	1.601.050,00	80,05	8.032,50	16.357,50	36.556,50	240,98	975,00	975,00
25.921,00	6.160,00	154,00	2.186.800,00	109,34	8.032,50	16.357,50	36.556,50	240,98	975,00	975,00
26.671,00	7.810,00	195,25	2.772.550,00	138,63	8.032,50	16.357,50	36.556,50	240,98	975,00	975,00
27.421,00	9.460,00	236,50	3.358.300,00	167,92	8.032,50	16.357,50	36.556,50	240,98	975,00	975,00
28.171,00	11.110,00	277,75	3.944.050,00	197,20	8.032,50	16.357,50	36.556,50	240,98	975,00	975,00
28.921,00	12.760,00	319,00	4.529.800,00	226,49	8.032,50	16.357,50	36.556,50	240,98	975,00	975,00
29.421,00	13.860,00	346,50	4.920.300,00	246,02	5.355,00	10.905,00	31.104,00	160,65	650,00	650,00
29.921,00	14.960,00	374,00	5.310.800,00	265,54	5.355,00	10.905,00	31.104,00	160,65	650,00	650,00
30.421,00	16.060,00	401,50	5.701.300,00	285,07	5.355,00	10.905,00	31.104,00	160,65	650,00	650,00
31.000,00	17.333,80	433,35	6.153.499,00	307,67	6.201,09	12.627,99	32.826,99	186,03	752,70	752,70
31.000,00		2.982,60	42.352.849,00	2.117,64	84.384,09		32.826,99	2.531,52	10.242,70	10.242,70

PODER TALADA VIOLADA MW)	PRODUCCIÓN ENERGÍA ELÉCTRICA (GWh/año)	AHORRO EN IMPORTACIONES ENERGÉTICAS (M€)	EMISIONES EVITADAS CO2 (t)	AHORRO ECONÓMICO EN COMPRA DE DERECHOS DE EMISIÓN (M€)	APORTACIÓN AL PIB PIB (M€)	EMPLEO POR INCREMENTO DE POTENCIA (Nº)	EMPLEO ACUMULADO (Nº)	GASTO EN I+D (M€)	INVERSIONES (M€)	SUBCONTRATACIÓN EMPRESAS ESPAÑOLAS (M€)
576,00	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	12.308,00	n.d	n.d	n.d
176,00	3.102,00	77,55	1.101.210,00	55,06	9.675,00	102.075,00	114.383,00	290,25	960,00	576,00
576,00	6.204,00	155,10	2.202.420,00	110,12	9.675,00	102.075,00	114.383,00	290,25	960,00	576,00
576,00	10.340,00	258,50	3.670.700,00	183,54	12.900,00	136.100,00	148.408,00	387,00	1.280,00	768,00
676,00	14.476,00	361,90	5.138.980,00	256,95	12.900,00	136.100,00	148.408,00	387,00	1.280,00	768,00
176,00	19.646,00	491,15	6.974.330,00	348,72	16.125,00	170.125,00	182.433,00	483,75	1.600,00	960,00
676,00	24.816,00	620,40	8.809.680,00	440,48	16.125,00	170.125,00	182.433,00	483,75	1.600,00	960,00
176,00	32.054,00	801,35	11.379.170,00	568,96	22.575,00	238.175,00	250.483,00	677,25	2.240,00	1.344,00
676,00	39.292,00	982,30	13.948.660,00	697,43	22.575,00	238.175,00	250.483,00	677,25	2.240,00	1.344,00
676,00	47.564,00	1.189,10	16.885.220,00	844,26	25.800,00	272.200,00	284.508,00	774,00	2.560,00	1.536,00
676,00	55.836,00	1.395,90	19.821.780,00	991,09	25.800,00	272.200,00	284.508,00	774,00	2.560,00	1.536,00
676,00	66.176,00	1.654,40	23.492.480,00	1.174,62	32.250,00	340.250,00	352.558,00	967,50	3.200,00	1.920,00
676,00	76.516,00	1.912,90	27.163.180,00	1.358,16	32.250,00	340.250,00	352.558,00	967,50	3.200,00	1.920,00
157,00	87.850,71	2.196,27	31.187.001,34	1.559,35	35.352,45	372.982,05	385.290,05	1.060,57	3.507,84	2.104,70
157,00		12.096,82	171.774.811,34	8.588,74	274.002,45	372.982,05	385.290,05	8.220,07	27.187,84	16.312,70