



ESTRATEGIA DE DESCARBONIZACIÓN A LARGO PLAZO 2050

Estrategia a largo plazo para una economía
española, moderna, competitiva
y climáticamente neutra en 2050

BORRADOR



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
CUARTA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

MARCO ESTRATÉGICO DE ENERGÍA Y CLIMA

CONTENIDO

▶ 1. RESUMEN EJECUTIVO NEUTRALIDAD CLIMÁTICA EN 2050	3
1.1 PLAN NACIONAL INTEGRADO DE ENERGÍA Y CLIMA (PNIEC)	10
1.2 SISTEMA DE GOBERNANZA	12
▶ 2. LAS OPORTUNIDADES DE LA NEUTRALIDAD CLIMÁTICA	13
▶ 3. MITIGACIÓN	19
3.1 EFICIENCIA ENERGÉTICA	21
3.1.1 CONSUMO DE ENERGÍA	21
3.1.2 DEPENDENCIA ENERGÉTICA DEL EXTERIOR	23
3.2 ENERGÍAS RENOVABLES	24
▶ 4. SUMIDEROS NATURALES DE CARBONO	26
▶ 5. ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO	28
▶ 6. DESCARBONIZACIÓN SECTORIAL	33
6.1 SECTOR ELÉCTRICO RENOVABLE	34
6.2 MOVILIDAD SOSTENIBLE Y TRANSPORTE	36
6.3 EDIFICACIÓN SOSTENIBLE	38
6.4 INDUSTRIA SOSTENIBLE Y COMPETITIVA	40
6.5 AGROPECUARIO, RESIDUOS Y GASES FLUORADOS	43
6.5.1 AGROPECUARIO	44
6.5.2 RESIDUOS	45
6.5.3 GASES FLUORADOS	46
▶ 7. FACTORES TRANSVERSALES EN LA NEUTRALIDAD CLIMÁTICA	47
7.1 EL PAPEL DE LA CIUDADANÍA	48
7.1.1 SITUAR A LA CIUDADANÍA EN EL CENTRO	49
7.1.2 NUEVOS VALORES Y HÁBITOS DE COMPORTAMIENTO	50
7.2 TRANSICIÓN JUSTA Y ACOMPAÑAMIENTO A COLECTIVOS Y SECTORES VULNERABLES	51
7.3 RETO DEMOGRÁFICO	53
7.4 IGUALDAD DE GÉNERO	54
7.5 EDUCACIÓN, FORMACIÓN PROFESIONAL Y APRENDIZAJE CONTINUO	55
7.6 INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y DESARROLLO	56
7.7 DIGITALIZACIÓN, ALMACENAMIENTO, GESTIÓN DE LA DEMANDA Y NUEVAS FORMAS DE OPERACIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS	59
7.8 IMPLICACIÓN DEL SECTOR FINANCIERO	61
7.9 LA ELP Y LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE	62
▶ ÍNDICE DE FIGURAS	65

RESUMEN EJECUTIVO
NEUTRALIDAD
CLIMÁTICA EN 2050

La Unión Europea (UE, en adelante) pretende ser neutral en términos climáticos de cara al año 2050. Es decir, la UE se ha fijado el objetivo de tener una economía con cero emisiones netas de gases de efecto invernadero. Esta meta constituye el núcleo del Acuerdo Verde Europeo y está en línea con el compromiso comunitario de aumentar la acción climática global en línea con los compromisos del Acuerdo de París.

El Acuerdo de París, adoptado en 2015 por las partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático y ratificado por España en 2017, establece, en su artículo 2, como límite del calentamiento global: *“mantener el aumento de la temperatura media mundial por debajo de los 2°C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5°C con respecto a los niveles preindustriales”*.

A su vez, el artículo 4 demanda que: *“Todas las partes deberían esforzarse por formular y comunicar estrategias a largo plazo para un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, teniendo presente el artículo 2 y tomando en consideración sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus capacidades respectivas, a la luz de las diferentes circunstancias nacionales”*.

Para dar cumplimiento a estos y otros compromisos en el seno de la Unión, la Comisión Europea propuso a finales de 2016 el paquete de medidas denominado *“Energía Limpia para Todos los Europeos”*. Este paquete incluye el Reglamento 2018/1999 sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima, en el que se establece la necesidad de elaboración de estrategias a largo plazo por parte de los Estados miembro, con una perspectiva de, al menos, 30 años. La UE, como tal, presentará a las Naciones Unidas su propia estrategia a largo plazo, sobre la base de las propuestas nacionales.

España se sitúa en una zona de especial vulnerabilidad ante los impactos del cambio climático. Combatirlo es una cuestión de responsabilidad con el presente y el futuro.

Se trata de una acción en línea con el último conocimiento científico disponible: el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) publicó en octubre de 2018 su informe especial sobre las repercusiones de un calentamiento global de 1,5 °C por encima de los niveles preindustriales. Los autores concluyeron que, de no intensificarse la acción por el clima a nivel internacional, el ascenso de la temperatura media mundial podría alcanzar los 2 °C poco después de 2060 y seguir aumentando después.

Que la UE, en consonancia con la evidencia científica, impulse la neutralidad climática en 2050 implica un compromiso para liderar la acción por el clima a escala mundial. España está alineada con este compromiso europeo, como ha quedado formalmente acordado en las Conclusiones del Consejo Europeo del 12 de diciembre de 2019, refrendando el objetivo de que la UE sea climáticamente neutra en el año 2050. Compromiso que también ha quedado patente a nivel nacional, con la Declaración de la Emergencia Climática y Ambiental acordada por el Consejo de Ministros el 21 de enero de 2020, una resolución que responde al consenso generalizado de la comunidad científica, que reclama acción urgente para salvaguardar el medio ambiente, la salud y la seguridad de la ciudadanía. Nuestro país se sitúa en una zona de especial vulnerabilidad ante los impactos del cambio climático. El aumento de las temperaturas, la variación en el régimen de precipitaciones o las sequías pueden tener efectos graves sobre sectores como la agricultura, la ganadería, la silvicultura o el turismo, así como impactos negativos en la salud de la población, fundamentalmente sobre la población en riesgo de exclusión.

Combatir el cambio climático desde España es, por tanto, una cuestión de responsabilidad con el presente y con el futuro del país. Es, asimismo, una obligación en consonancia con los compromisos que ha adquirido como Estado miembro de la UE y parte del Acuerdo de París. Y es la única y mejor manera de atender a la llamada a la acción climática de la Ciencia y del conjunto de la ciudadanía. En coherencia con ello, España ha de poner en marcha políticas encaminadas a conseguir la neutralidad en carbono no más tarde de 2050.

La elaboración de estrategias permite sentar las bases para que el país aproveche la multitud de oportunidades que surgirán en este camino hacia la neutralidad climática. Asimismo, la disponibilidad de un sistema energético menos dependiente de los combustibles fósiles, disminuirá la exposición del país a las variaciones de los mercados internacionales de combustibles, aumentando así su resiliencia frente a los cambios internacionales y su competitividad en el contexto global.

Por ello, **el objetivo de esta Estrategia a Largo Plazo (en adelante ELP o Estrategia) es articular una respuesta coherente e integrada frente a la crisis climática, que aproveche las oportunidades para la modernización y competitividad de nuestra economía y sea socialmente justa e inclusiva.** Se trata de una hoja de ruta para avanzar hacia la neutralidad climática en el horizonte 2050¹, con hitos intermedios en 2030 y 2040.

Debido a su marco temporal, cabe señalar que la misión de la ELP no es conocer cómo se producirán los cambios tecnológicos concretos en los diferentes sectores de la economía. Se trata de presentar una propuesta coherente sobre dicha transformación empleando el conocimiento científico-técnico disponible en la actualidad.

En las próximas décadas no sólo se producirán innovaciones tecnológicas sino también transformaciones en los sistemas económicos o en las formas de organización social, que son difíciles de anticipar con certeza. Sin embargo, las amenazas y los riesgos del cambio climático son conocidos, así como también lo son muchas formas de prevenirlos.

De esta forma, la Estrategia proporciona señales a medio y largo plazo a los inversores, a los agentes económicos, sociales y medioambientales, y al conjunto de la sociedad española, para el periodo 2021-2050.

En ese sentido, tiene un triple objetivo:

- ▶ **Primero**, cumplir con los compromisos del Acuerdo de París.
- ▶ **Segundo**, anticipar y planificar la transición hacia una economía climáticamente neutra, teniendo en cuenta los retos y el debate social, empresarial y político sobre sus implicaciones y necesidades. Esa transformación ha de ser abordada de forma integral, dado que afecta a numerosos elementos transversales de la economía y la sociedad.
- ▶ **Tercero**, ofrecer un objetivo claro en el largo plazo, lo que ayudará a anticipar las líneas de actuación necesarias y, por tanto, a maximizar y a aprovechar las oportunidades derivadas de la transición energética reduciendo los riesgos.

¹ La neutralidad climática en 2050 es un escenario en el que las emisiones de gases de efecto invernadero son completamente absorbidas por los sumideros de carbono, proporcionando cero emisiones netas de gases de efecto invernadero en el año 2050. En el caso de este documento, las emisiones se reducirán un 90% respecto al año 1990 y el 10% restante será absorbido por sumideros.

Esta estrategia se construye sobre la base de la **neutralidad tecnológica**. En principio, las diferentes tecnologías deben tener las mismas oportunidades de desarrollo para ofrecer las mejores soluciones coste-eficientes para la descarbonización de cada uno de los sectores de la economía, no obstante, se deben tener en cuenta el conjunto de externalidades positivas y negativas que acompañan a cada tecnología y su grado respectivo de madurez.

Conocer cuáles son los distintos retos para alcanzar la neutralidad climática permite anticiparse a las necesidades de inversión en investigación, desarrollo e innovación que deben ponerse en marcha para que las tecnologías estén listas en los próximos años. Posibilita además diseñar estrategias para alcanzar posiciones de liderazgo en el desarrollo de estas innovaciones, que constituyen una importante oportunidad de generación de empleo y de líneas de negocio, avanzando así en el fortalecimiento del sistema de I+D+i y de la competitividad de la economía española. Todo ello, en un contexto de mayor y mejor protección de la diversidad biológica, mayor resiliencia en la adaptación al cambio climático, un uso más eficiente de los recursos y el diseño de unas ciudades más habitables, con mejor calidad del aire.

FIGURA I.1 Principales magnitudes de la Estrategia



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020

La transición energética seguirá siendo el vector fundamental de la descarbonización. Muchos países europeos y del resto del mundo progresan con el mismo objetivo. Las energías fósiles representan hoy el 82% del mix energético mundial. Sin embargo, la respuesta a la **crisis climática requiere caminar hacia sistemas neutros en carbono**. Esa transformación conllevará un notable impulso al desarrollo tecnológico e industrial. A ello se sumará la revolución en ciernes de la movilidad cero emisiones, así como los nuevos desarrollos tecnológicos, de gestión y modelo de negocio derivado de la generación eléctrica distribuida y el autoconsumo renovable. Además del cambio tecnológico, se necesitará también un cambio de comportamiento por parte de las empresas y la ciudadanía.

España tiene el potencial de convertirse en uno de los países europeos que impulse ese cambio. El Plan Nacional Integrado Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030, presentado antes que la ELP, desarrolla muchos de los vectores necesarios para sentar las bases de este liderazgo.

Nuestro país tiene uno de los mayores potenciales de recursos renovables de la UE: una geografía de 50 millones de hectáreas con amplios territorios, vientos mediterráneos y atlánticos, nivel de insolación elevado, extensos bosques y notables recursos hidráulicos, que se complementan con un importante tejido empresarial, tecnológico, de innovación y conocimiento. Cuenta además con algunas de las empresas que han protagonizado el despliegue internacional de las energías renovables que ha tenido lugar a lo largo de las dos últimas décadas, instituciones pioneras en el ámbito de la energía e importantes centros de investigación, desarrollo tecnológico y conocimiento.

La importante transformación que implica la neutralidad climática solo será viable si se hace con equidad y justicia social, con especial atención a los más vulnerables y a la erradicación de la pobreza energética.

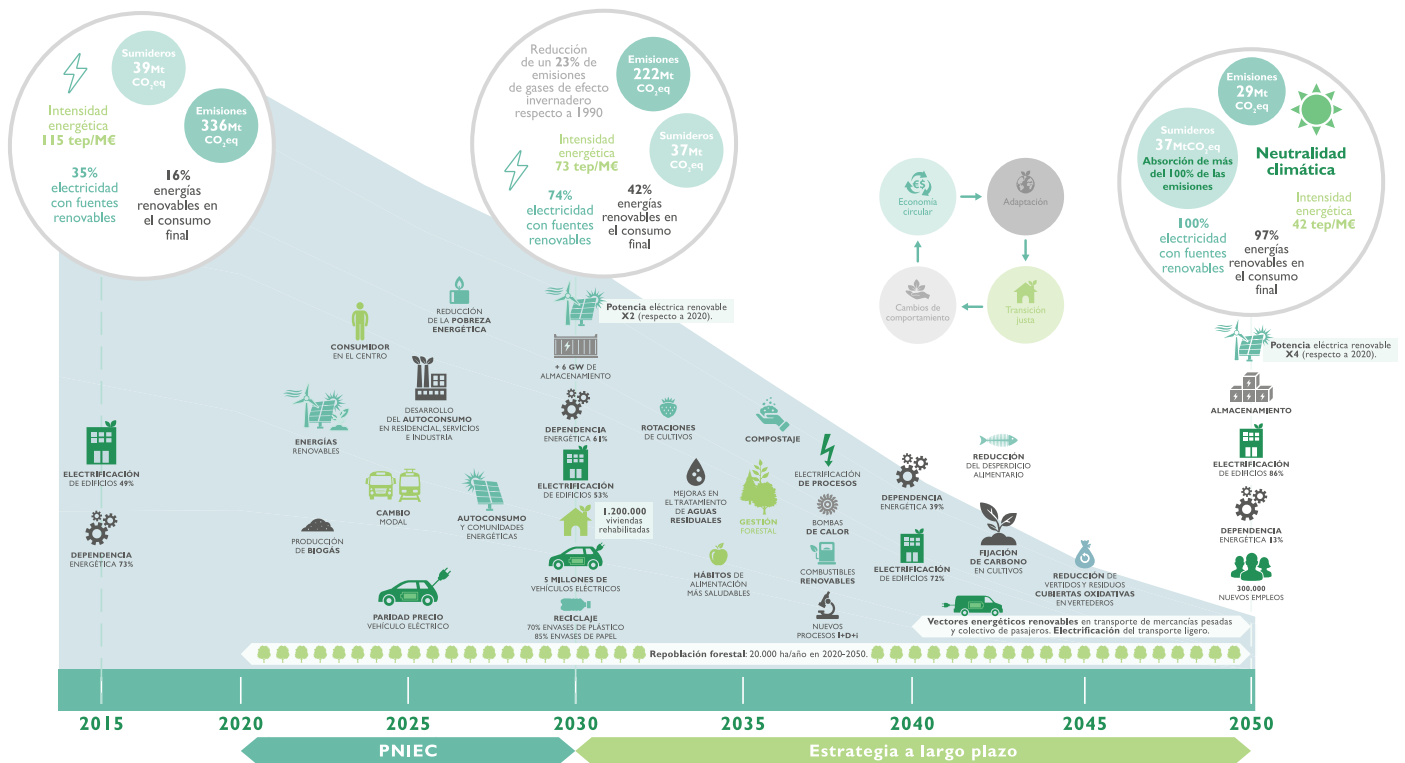
Por otro lado, a lo largo del proceso de descarbonización, y para no dejar a nadie atrás, **la transición justa ocupa un espacio central**. Una transformación tan importante solo será viable si se lleva a cabo con criterios de equidad y justicia social, en particular hacia los colectivos y territorios más vulnerables, y prestando una especial atención a la reducción de la desigualdad y la erradicación de graves problemas sociales como la pobreza energética.

Por ello, junto con el PNIEC, el Marco Estratégico Energía Clima presentado en España incorporó la Estrategia de Transición Justa y la Estrategia Nacional contra la Pobreza Energética. Estos documentos sientan las bases para avanzar hacia una neutralidad climática que cumpla objetivos de justicia social, anticipando así parte de los objetivos de la Estrategia a Largo Plazo Europea. Sobre estos elementos, diseñados de manera coherente para cumplir objetivos ambientales y sociales, se asienta la presente ELP.

La adaptación al cambio climático ocupa asimismo un lugar destacado. Los informes del IPCC señalan al sur de Europa y la cuenca del Mediterráneo como las zonas más expuestas a los impactos derivados de la crisis climática, por lo que para España ésta es una cuestión esencial. Constituye una respuesta complementaria a los esfuerzos de mitigación, con igual relevancia: sin una adecuada acción en materia de mitigación, las capacidades adaptativas se verán irremediablemente desbordadas. Y, al contrario, sin una adecuada adaptación, la acción en mitigación no permitirá cumplir con los objetivos. Entre otras cuestiones, la adaptación contribuye a que los ecosistemas sigan manteniendo su funcionalidad a largo plazo, garantizando así su papel como almacenes y/o sumideros de carbono. La conservación de los suelos o prevención de incendios constituyen también otros áreas fundamentales en este ámbito.

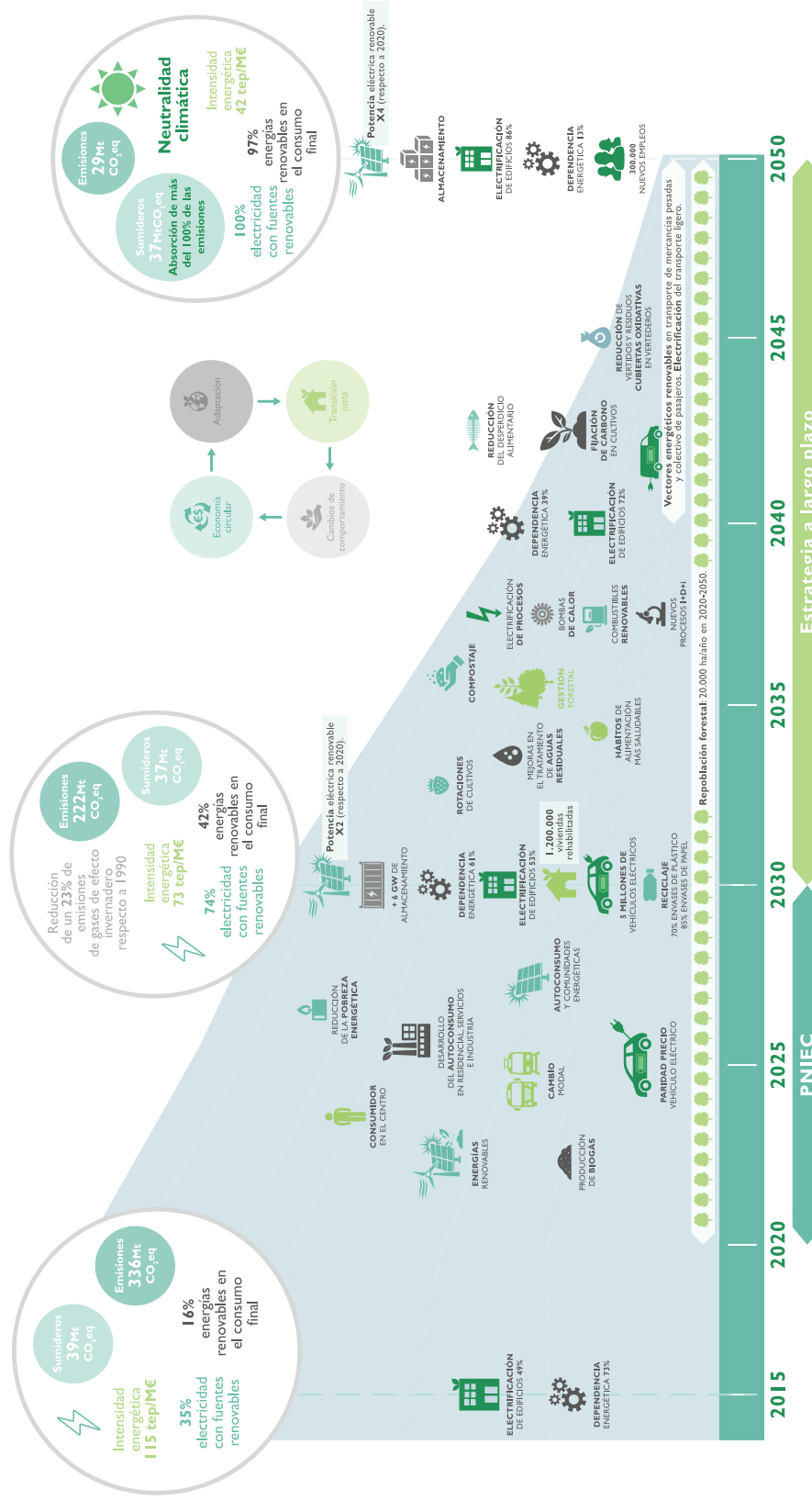
En conclusión, esta ELP plantea la senda para la consecución de la neutralidad climática en España en coherencia con el trabajo que se está desarrollando en el conjunto de la UE, de acuerdo con el Pacto Verde Europeo, con las conclusiones del Consejo Europeo de diciembre de 2019, y la propuesta lanzada en marzo de 2020 de la Ley Climática Europea. La Unión, y España con ella, se dispone a hacer realidad la transición hacia una economía y sociedad cero emisiones netas en 2050.

FIGURA 1.2 La Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo*



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020
 *Figura a página completa en la siguiente página

FIGURA 1.2 La Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo*



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020

I.1 PLAN NACIONAL INTEGRADO DE ENERGÍA Y CLIMA (PNIEC)

El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC) presenta una hoja de ruta para la próxima década, diseñada en coherencia con la neutralidad de emisiones en 2050 y desde un punto de vista coste eficiente. Esta ELP se fundamenta en el cumplimiento de los objetivos, políticas y medidas incluidas en el borrador actualizado del plan y, de hecho, emplea el mismo modelo de prospectiva energética para la realización del PNIEC y de la ELP (TIMES-Sinergia). Adicionalmente, ambos documentos parten del mismo criterio de neutralidad tecnológica.

El PNIEC, junto con el Proyecto de Ley de Cambio Climático y Transición Energética, la Estrategia de Transición Justa, la Estrategia Nacional de Pobreza Energética y la ELP, sientan las bases para la modernización de la economía española, la creación de empleo asociado a la transición ecológica, el posicionamiento de liderazgo de España en las energías y tecnologías limpias, el desarrollo del medio rural, la mejora de la salud de las personas y el medio ambiente y la justicia social.

Las medidas contempladas en el PNIEC permiten retirar una de cada tres toneladas de CO₂ equivalente entre el momento actual y 2030.

El PNIEC, junto con el Proyecto de Ley de Cambio Climático y Transición Energética, la Estrategia de Transición Justa, la Estrategia Nacional contra la Pobreza Energética, el PNACC y la ELP, sientan las bases para la modernización de la economía española, la creación de empleo, el liderazgo de España en energías y tecnologías limpias, el desarrollo del medio rural, y la mejora de la salud de las personas.

En relación con los **objetivos fijados en la UE**, el PNIEC concreta para España,

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

Otros resultados reseñables incluidos en el PNIEC son:

- 1. La intensidad energética** primaria se reduce un 3,5% anual hasta 2030.
- 2. La dependencia energética del exterior** mejora 12 puntos porcentuales, pasando del 73% en 2017 al 61% en 2030.
- 3. La importación de combustibles fósiles** disminuye de una manera importante, lo que supone un ahorro en la balanza comercial de 67.000 M€ en el periodo 2021-2030.
- 4.** El PNIEC prevé añadir otros **59 GW** de potencia renovable y **6 GW** de almacenamiento con una presencia equilibrada de las diferentes tecnologías renovables.
- 5.** No será necesaria la presencia de potencia de generación de respaldo adicional.

6. Las **inversiones totales previstas** ascienden a **241.000 M€**. El 80% de las inversiones las realizaría el sector privado y el 20% el sector público. El PIB aumentará en torno a un **1,8%** en 2030, respecto a un escenario en el que no se implementara el PNIEC.
7. El empleo presenta un aumento neto del **1,7%** a lo largo del periodo 2021-2030.
8. La dimensión de **I+D** y el tejido **industrial** nacional también se benefician de las oportunidades que proporciona la aplicación del PNIEC.
9. Se dedica especial atención al fenómeno de la **pobreza energética**, abordándolo desde una perspectiva integral y con visión de largo plazo. El efecto de las medidas del PNIEC es **progresivo** en términos fiscales, es decir que favorece en mayor medida a los **hogares de menor renta** y, especialmente, a los **colectivos vulnerables**.
10. Los cobeneficios para la **salud** han sido estimados en una reducción de la mortalidad prematura por la **contaminación atmosférica** del 27% aproximadamente.

I.2 SISTEMA DE GOBERNANZA

El Proyecto de Ley de Cambio Climático y Transición Energética es el marco institucional que responde a la necesidad de construir un país que combine con éxito las oportunidades actuales, que nos permiten anticiparnos a las nuevas demandas y generar nuevas industrias y cadenas de valor competitivas, y las oportunidades futuras para los jóvenes, sobre la base de un objetivo claro que es llegar a la neutralidad climática para 2050.

Este proyecto institucionaliza la elaboración de la Estrategia a largo plazo, el PNIEC y el PNACC, y establece la coherencia necesaria entre todas las herramientas, ya que no hay otra forma de asegurar, de manera fiable, inclusiva, transparente y predecible, el logro de los objetivos y metas para el año 2030 y para el largo plazo. Así se recoge que la ELP debe proyectar una senda coherente con los objetivos de descarbonización de la economía para el año 2050, y con las actuaciones previstas a 2030, que exigirá la movilización de distintas administraciones y actores privados.

Se pondrá en marcha un **sistema de gobernanza integrado para el PNIEC y la ELP basado en indicadores y alineado con los informes de seguimiento que deben desarrollarse en el marco del Reglamento de Gobernanza del PNIEC 2021-2030**². El objetivo es llevar a cabo un seguimiento de las metas planteadas en ambos documentos. De esta manera, será posible identificar las dificultades y retos, así como reaccionar con anticipación y flexibilidad.

Asimismo, con este ejercicio de transparencia, se pretende fomentar la implicación y el apoyo de la ciudadanía. El elemento decisivo para el éxito será el apoyo social, político y empresarial que la transformación genere, dado que se trata de un cambio estructural a medio y largo plazo que abarcará numerosos ciclos políticos y económicos.

En el marco de este sistema de gobernanza, la coordinación, colaboración e implicación de las comunidades autónomas,

El elemento decisivo para el éxito será el apoyo social, político y empresarial que la transformación genere, dado que se trata de un cambio estructural a medio y largo plazo que abarcará numerosos ciclos políticos y económicos.

así como de las entidades locales será fundamental para lograr los objetivos. Gran parte de las competencias necesarias para llevarlo a cabo pertenecen a estas entidades.

Tal y como prevé el Reglamento de Gobernanza, la **Estrategia a Largo Plazo es un instrumento flexible** para orientar la transformación económica y energética hacia la neutralidad climática a mediados de siglo.

La ruta concreta para cada década se irá definiendo de manera detallada por medio de los PNIEC, que se elaborarán cada diez años y se actualizarán cada cinco. En la misma línea, la Estrategia se actualizará cada cinco años con la última información disponible, por lo que las trayectorias específicas de los sectores y de las tecnologías irán variando.

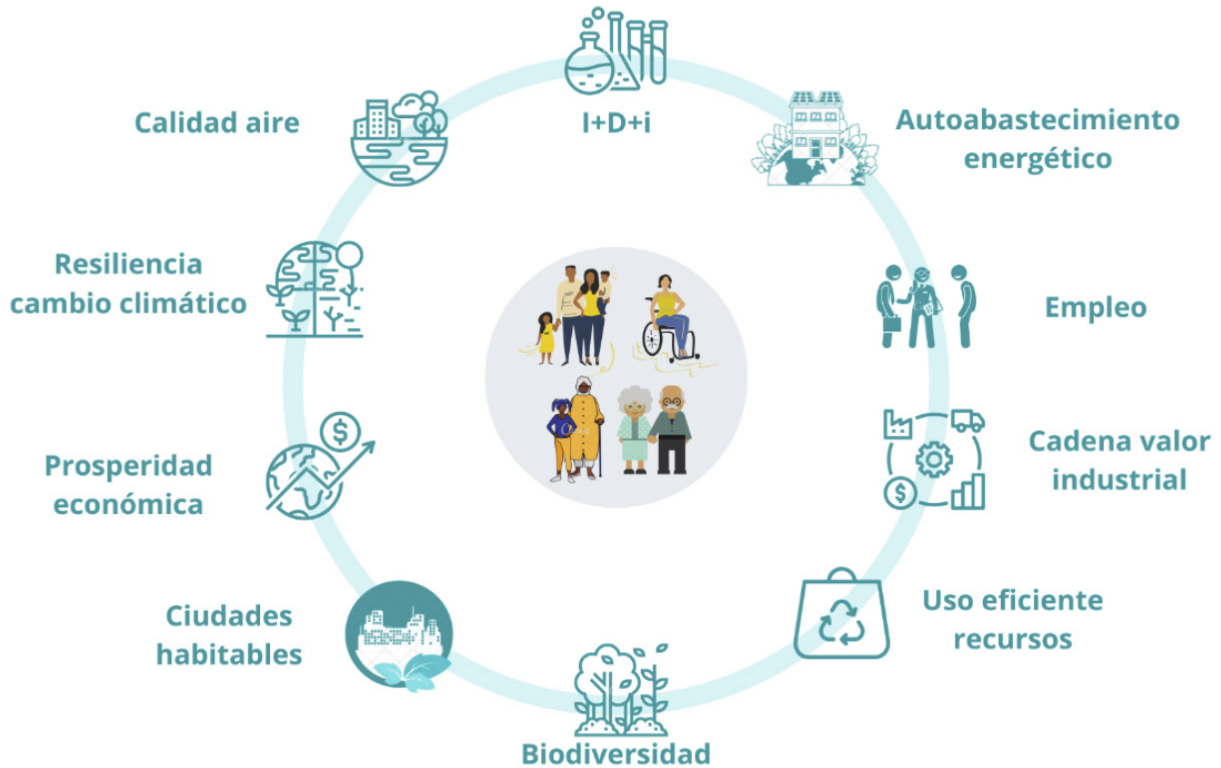
Mediante la ELP y el PNIEC, el medio (2030) y **el largo plazo (2050) quedan integrados, aportando credibilidad, compromiso climático y oportunidades industriales, como parte de una única visión estratégica para España.**

² Reglamento (UE) 2018/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo del 11 de diciembre de 2018 sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima

LAS OPORTUNIDADES
DE LA NEUTRALIDAD
CLIMÁTICA

La neutralidad climática presenta una oportunidad para la modernización, innovación y mejora de la competitividad de toda la economía española que esta Estrategia pone de manifiesto y pretende ayudar a optimizar.

FIGURA 2.1 Las oportunidades de la neutralidad climática por la aplicación del ELP



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020

En primer lugar, a lo largo de las tres décadas, 2021-2050, la ELP impulsará un **significativo ahorro de energía primaria y una mejora sustancial de la eficiencia energética**. Concretamente se estima que el **consumo de energía primaria se reducirá en torno a un 50% desde el año 2020 hasta el año 2050 (Anexo E)**.

Esto es posible gracias al progresivo desacoplamiento entre el crecimiento económico y el consumo de energía, es decir, como consecuencia de una notable mejora de la eficiencia energética de la economía. Así, sería necesario un 60% menos de energía por unidad de PIB que en la actualidad.

Cumplir con la neutralidad climática obliga a que las energías renovables tengan una importante contribución en los usos finales de la energía, mediante la combinación de tecnologías renovables de uso directo, combustibles renovables³ y la electrificación de los distintos usos energéticos, teniendo en cuenta que la electricidad será totalmente renovable.

³ Esta categoría incluye biocombustibles tanto líquidos como gaseosos e hidrógeno y otros combustibles sintéticos, "Power to X", donde la X contiene carbono también renovable.

Para ello, la electrificación de los usos energéticos finales se duplica en el periodo 2020-2050. Se incrementará hasta representar el 52% en 2050, partiendo de un 26% en el año 2020. El resto de la contribución renovable en el año 2050 se compondría de combustibles renovables y energías renovables de uso final.

Esta transformación implica no sólo un **sector eléctrico 100% renovable, sino un sistema energético nacional prácticamente 100% renovable en el uso final de la energía.**

Se prevé también un modelo más descentralizado, multidireccional y complejo, donde el autoconsumo, la participación ciudadana y los recursos energéticos distribuidos, como el almacenamiento, la generación distribuida o la gestión de la demanda, serán factores clave. De igual modo, la digitalización de las redes, así como los nuevos esquemas de operación, tendrán un papel fundamental en este nuevo modelo.

Asimismo, considerando la evolución de costes que presumiblemente presentarán las tecnologías renovables, los costes de la energía en España tenderán a bajar en el largo plazo, representando así una fuente adicional de mejora de la productividad para la economía nacional.

La neutralidad climática es una oportunidad para mejorar toda la cadena de valor de la industria y generar nuevos nichos de negocio. Se fortalecerá el desarrollo tecnológico mediante la inversión de recursos en la búsqueda de nuevas soluciones para la descarbonización, mejorando con ello la estructura de Investigación e Innovación, además de incrementar la competitividad de la economía.

El modelo energético evolucionará hacia un modelo con una mayor seguridad. El sistema estará basado en energías renovables, reduciendo así su dependencia de los combustibles fósiles del exterior, aumentando la diversificación de las fuentes de energía y la descentralización de la generación, con lo que mejorará el grado de autoabastecimiento mediante renovables.

Según la senda prevista en esta estrategia se pasa de importar el 74% de la energía consumida en el año 2018, al 61% en 2030, el 39% en 2040 y un 13% en el año 2050. La descarbonización de la economía y la sociedad a lo largo de ese período de 30 años hará que, a mediados de siglo, España sea un país capaz en gran medida de autoabastecerse en sus necesidades energéticas.

La actual dependencia energética del exterior de España se corresponde con un elevado consumo de energías fósiles, que se importan casi en su totalidad. Su reducción será posible, principalmente, gracias a la sustitución de dichos combustibles por energía renovable autóctona y medidas adicionales de eficiencia energética.

En segundo lugar, la neutralidad climática supone una oportunidad para **mejorar toda la cadena de valor de la industria, así como para generar nichos de negocio.** Se fortalecerá el desarrollo tecnológico mediante la inversión de recursos en la búsqueda de nuevas soluciones para la descarbonización, mejorando con ello la estructura de Investigación e Innovación al tiempo que se incrementa la competitividad del conjunto de la economía. En este sentido, el despliegue de energías renovables permitirá que el sector industrial nacional refuerce su posición actual de liderazgo en estas tecnologías, abriendo nuevas vías de desarrollo en el ámbito del almacenamiento, los combustibles renovables o el “*power to x*”, entre otros desarrollos industriales necesarios para asegurar un sistema eléctrico 100% renovable. Desarrollos industriales que son necesarios también para avanzar hacia una movilidad inteligente, conectada y sin emisiones, incluyendo mercancías, transporte marítimo o aéreo. Y, de la misma manera, son clave en el sector de la construcción, encaminado hacia el diseño de edificios de consumo casi nulo.

La transformación del sector industrial tendrá un enfoque integral, teniendo en cuenta las sinergias derivadas del acoplamiento de sectores, así como la creación de estructuras que promuevan la innovación en todos los sectores necesarios para avanzar en esta estrategia.

Por otro lado, la gestión forestal supone un nuevo nicho de desarrollo de negocio por su sinergia entre el uso de los recursos de biomasa en el sistema energético, junto con su contribución a la reducción del riesgo de incendios forestales. Adicionalmente, al mantener en buen estado las masas boscosas, se preserva este elemento fundamental en la lucha contra los impactos climáticos, especialmente en el caso de los bosques, uno de los principales sumideros que contribuyen a la neutralidad climática. Con ello, además, se mejora la conservación de espacios naturales y de especies silvestres, contribuyendo a detener la actual pérdida de biodiversidad a escala global y, también, nacional.

Esta combinación de esfuerzos, tanto en mitigación como en adaptación para alcanzar la neutralidad climática, representa, asimismo, un nuevo campo de oportunidades para la España rural, y puede convertirse en una útil herramienta para avanzar en la cohesión social y el reequilibrio territorial de nuestro país. El despliegue de renovables, los desarrollos industriales asociados y, en paralelo, actuaciones como la restauración de ecosistemas (dehesas, humedales, etc.) o la gestión forestal se convierten en áreas de generación de empleo y, por tanto, en herramientas de lucha contra la despoblación. En particular, invertir en medidas de adaptación no sólo contribuirá a mejorar la resiliencia de nuestro territorio a los impactos físicos del cambio climático, sino también las graves pérdidas económicas asociadas a estos.

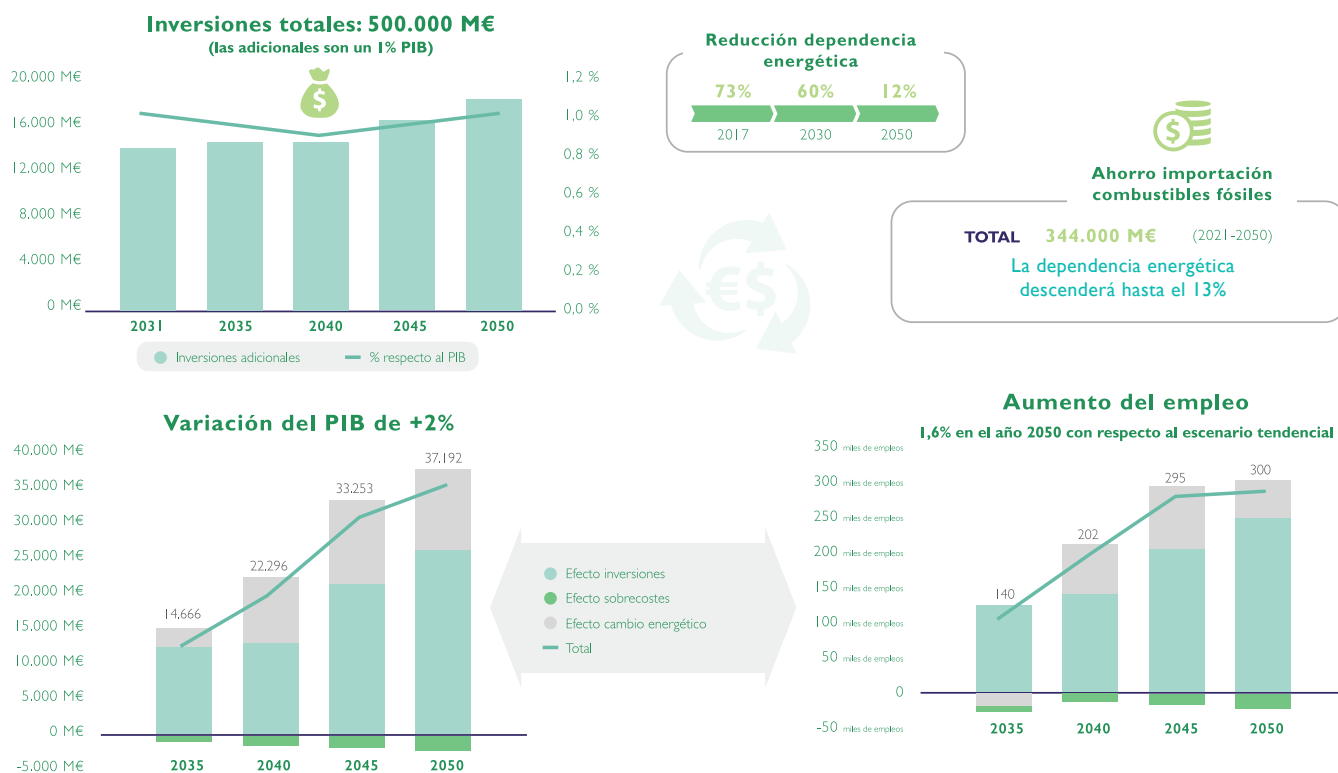
Se estima que las inversiones totales acumuladas en el periodo 2031-2050 alcanzarán los 500.000 millones de euros. De estos, 300.000 millones de euros se consideran asociados a la implementación de esta Estrategia.

Otra área relevante será la rehabilitación energética, pues combina oportunidades de descarbonización, de generación de empleo en todo el territorio y de reducción de costes energéticos para las familias, que podrían destinar a otros usos. El autoconsumo renovable, los *district heating*, los electrodomésticos más eficientes, los sistemas inteligentes de gestión de edificios, así como los materiales de aislamiento mejorados, tendrán que contribuir a las soluciones de economía circular.

En resumen, serán necesarias ciertas transformaciones en determinados sectores para cumplir con la neutralidad climática generando, así, numerosas oportunidades a lo largo de toda la cadena de valor. Para ello, es preciso establecer previamente el marco y las medidas adecuadas.

En tercer lugar, la ELP realiza un análisis del **impacto económico previsto sobre el empleo y la salud será positivo**. (Para un mayor detalle sobre estos aspectos, consultar ANEXO D. ANÁLISIS DE IMPACTO ECONÓMICO, EMPLEO Y SOBRE LA SALUD).

FIGURA 2.2 Impactos de la aplicación de la ELP



Mejor salud. Las muertes prematuras asociadas con la contaminación del aire disminuyen un **62%** ❤️

Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020

El ahorro acumulado en importaciones de combustibles fósiles entre 2021 y 2050 alcanzará los 344.000 millones de euros⁴. Estos ahorros liberarán fondos que actualmente se gastan en importar estas materias primas, y que se podrán emplear tanto en recursos autóctonos como en el desarrollo industrial mencionado.

Alcanzar la neutralidad climática movilizará inversiones adicionales en todos los sectores. Se estima que **las inversiones totales acumuladas en el período 2031-2050 alcanzarán los 500.000 millones de euros. De estos, 300.000 se consideran** asociados a la implementación de esta Estrategia. Las inversiones adicionales anuales se sitúan en torno a un **1% del PIB**, en línea con las cifras presentadas por la Estrategia a Largo Plazo Europea 2050.

Como consecuencia de ese aumento de las inversiones y del importante cambio en el mix energético, el incremento estimado del Producto Interior Bruto (PIB) en el año 2050 respecto a un escenario sin la implementación de la Estrategia se sitúa en el 1%.

⁴ La Comisión Europea estima que el ahorro en la importación de combustibles fósiles entre 2030 y 2050 para el conjunto de la Unión Europea se situará entre dos y tres billones de euros. Por lo tanto, considerando el peso económico y demográfico de España dentro de la Unión Europea, la estimación de la ELP está alineada con los resultados previstos por la Comisión Europea.

El conjunto de medidas que se integran en la Estrategia implican un aumento del empleo en 2050 del 1,6% respecto a un escenario que no tenga su aplicación.

Todo ello, en un contexto favorable al desarrollo de ciudades más sostenibles y habitables, con una mejora significativa de la calidad del aire; a la conservación y puesta en valor de la biodiversidad; y a la cohesión territorial, especialmente en el ámbito rural.

En el capítulo de la salud pública, las medidas están asociadas a la contaminación atmosférica con una potencial disminución del 64% en el número de muertes prematuras en el año 2050 respecto al 2010, resultado de las menores emisiones contaminantes y los consiguientes beneficios para las personas.

En concreto, en el capítulo de la salud pública, las medidas de la Estrategia están asociadas a la contaminación atmosférica con una potencial disminución del 64% en el número de muertes prematuras en el año 2050 respecto al 2010. Esto es resultado de las menores emisiones contaminantes y los consiguientes beneficios para las personas. En este contexto, las zonas urbanas serán las principales beneficiadas de este aumento de la calidad del aire, evolucionando cada vez hacia lugares más habitables.

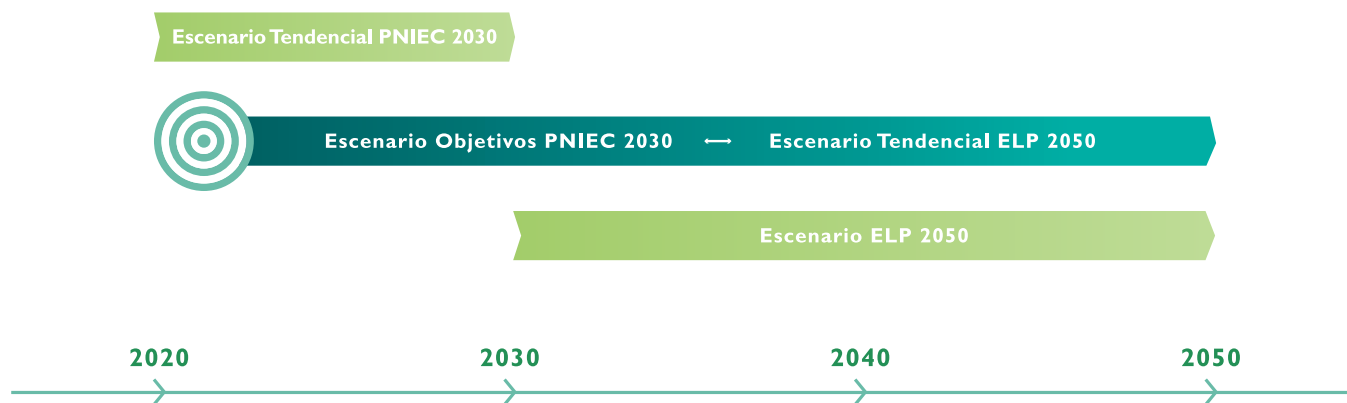
La ELP plantea una senda de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en 2050 de un 90% respecto a 1990. Se pasa de los 334 millones de toneladas de CO₂ equivalente en 2018 a un máximo de 29 MtCO₂eq en 2050.

Se prevé, asimismo, que la capacidad de absorción de los sumideros naturales en esa fecha será de 37 MtCO₂eq, por lo que se alcanzaría la neutralidad climática.

Para llevar a cabo esa descarbonización, **todos los sectores de la economía deben transformarse en profundidad.** Teniendo claro el objetivo final y los ritmos de progreso aproximados en cada una de las tres décadas, los esfuerzos sectoriales se realizarán en función del grado de madurez que hayan alcanzado las distintas soluciones tecnológicas, así como el grado de implantación de los cambios de comportamiento.

En el ejercicio de prospectiva que se ha llevado a cabo en esta estrategia (para más información, ver ANEXO E. ESCENARIO PROPUESTO PARA LA NEUTRALIDAD CLIMÁTICA) se han planteado dos escenarios entre el 2031 y el 2050: un escenario en el que no se plantean medidas adicionales a las que ya contemplaba el PNIEC (Escenario Tendencial) y el **Escenario de Neutralidad Climática** (también llamado Escenario ELP), en el que se verifica la reducción de las emisiones GEI de un 90% en el año 2050 respecto al año 1990.

FIGURA 3.1 Escenarios analizados en el PNIEC y en la ELP

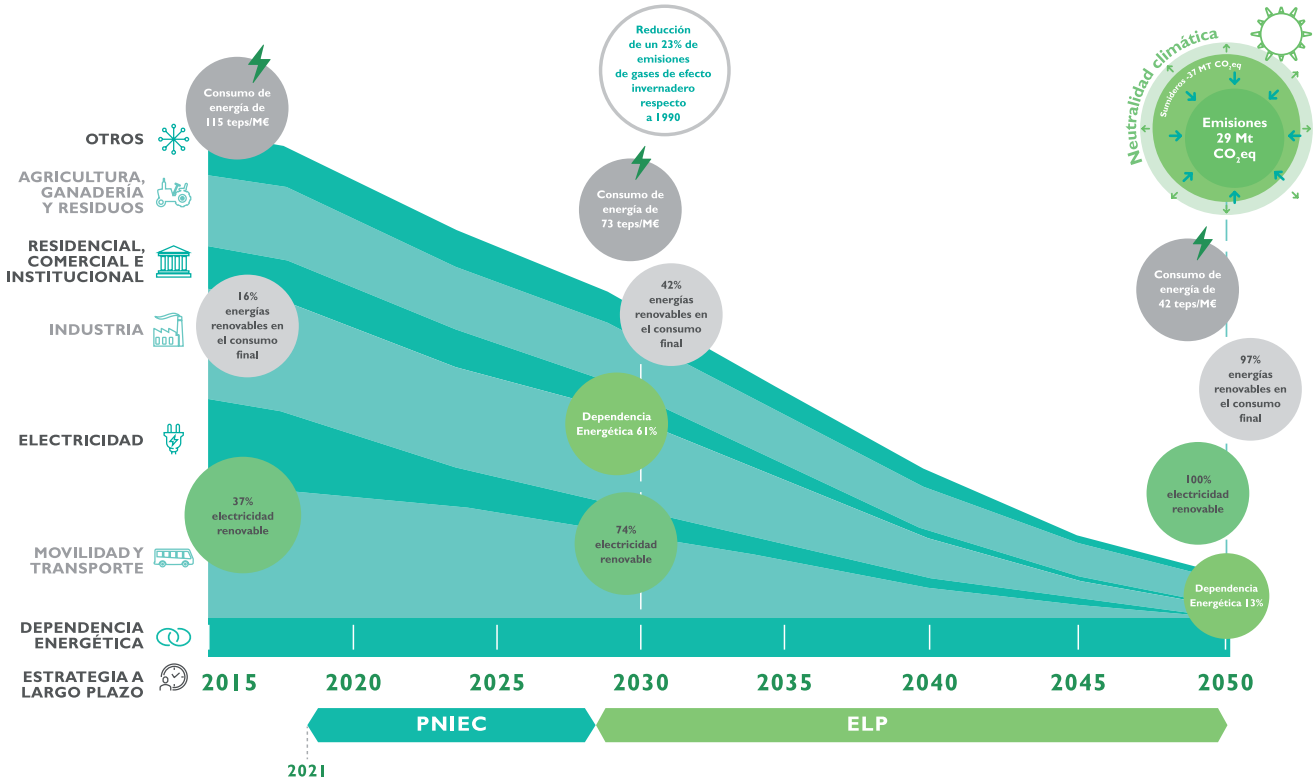


Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020

La modelización del sistema energético se ha realizado con el modelo TIMES-Sinergia, el mismo que se ha empleado para el PNIEC, pero con un horizonte temporal establecido en el año 2050 en vez del año 2030. Gracias a esta herramienta, se han generado proyecciones a 2050 de emisiones de GEI, eficiencia energética, energías renovables y dependencia energética exterior.

En este análisis, el nivel de detalle disponible para el ejercicio del PNIEC (horizonte 2030) es mucho más elevado que el disponible para el ejercicio de la Estrategia (horizonte 2050). Esto se debe principalmente a que la incertidumbre se incrementa conforme el horizonte temporal estudiado es más lejano.

FIGURA 3.2 Evolución prevista de las emisiones GEI por sector desde 1990 hasta 2050 en el Escenario de Neutralidad Climática



OTROS: otros sectores, fugitivas, uso de productos y fluorados.

Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020

Tal y como puede verse en la figura anterior, la mitigación prevista a lo largo de las tres décadas comprendidas entre 2021 y 2050 se intensifica, lo que supone una senda decreciente en términos de emisiones de gases de efecto invernadero.

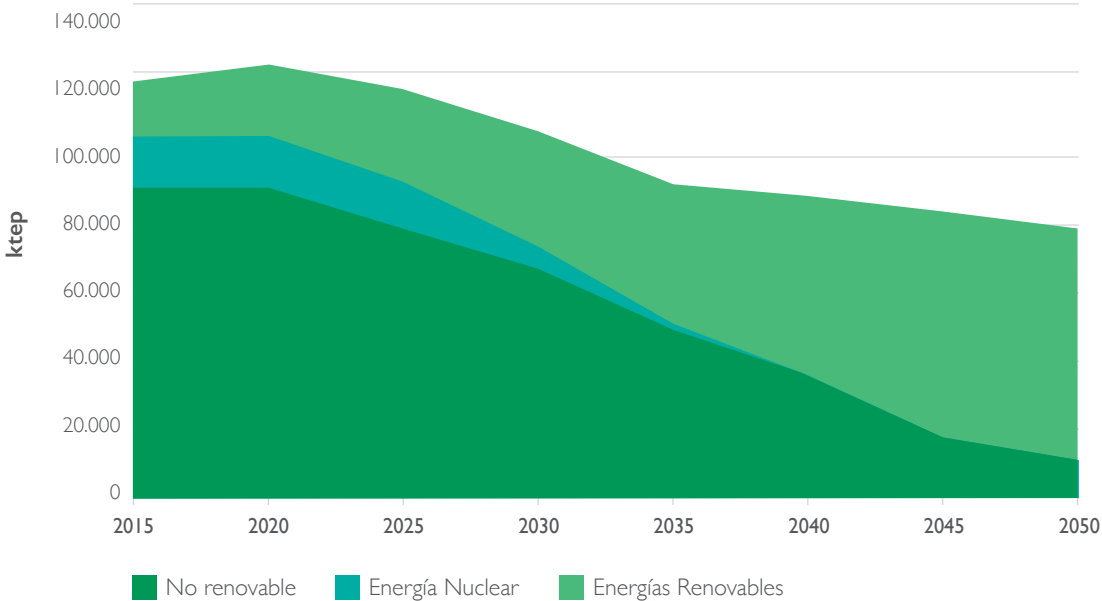
3.1 EFICIENCIA ENERGÉTICA

La implementación de medidas de eficiencia energética, siguiendo el principio de “primero, la eficiencia energética” establecido por la UE, contribuye a alcanzar la neutralidad climática. Reducir el consumo energético disminuye la necesidad de recursos y, en consecuencia, las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas.

3.1.1 Consumo de energía

El consumo de energía primaria se reduce de manera significativa a lo largo del período 2021-2050. Esto se debe tanto al despliegue de energías renovables y las políticas de eficiencia energética como al impulso de la economía circular y el cambio de hábitos. Se puede observar también que el consumo de combustibles no renovables disminuye de manera especialmente importante.

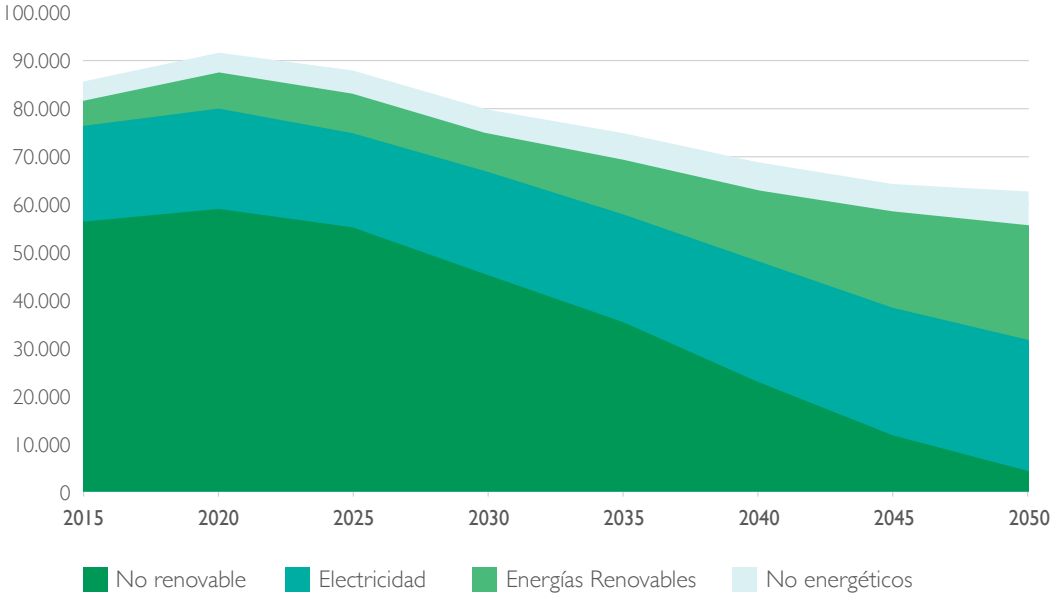
FIGURA 3.3 Consumo de energía primaria en el Escenario ELP (incluye usos no energéticos)



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020

En lo que respecta al **consumo final de energía**, la evolución en el Escenario de Neutralidad muestra que el **consumo final de combustibles no renovables disminuye de manera importante, viéndose sustituidos por energía eléctrica y renovables de uso final**. También se puede observar el impacto de las políticas de eficiencia energética, el impulso de la economía circular y los cambios de comportamiento.

FIGURA 3.4 Consumo final de energía en el Escenario ELP (incluye los usos no energéticos)



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020

En términos de energía final, la mejora de la eficiencia es notable. El **sector del transporte es el principal contribuyente a la reducción de la intensidad energética del sistema**. Asimismo, el sector residencial y el de servicios también desempeñan un papel importante.

3.1.2 Dependencia energética del exterior

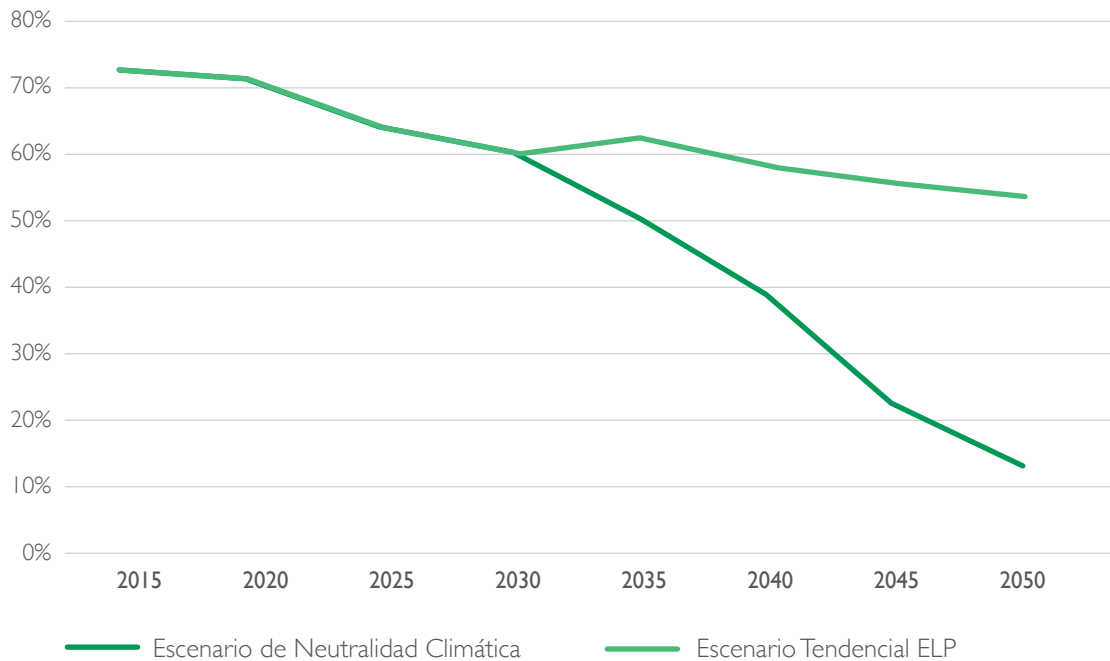
En lo que respecta a la dependencia energética del exterior, medida como proporción de las importaciones de recursos energéticos sobre el total de la energía primaria consumida, la reducción es muy sustancial a lo largo de las tres décadas.

Como consecuencia del descenso de las importaciones de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) entre 2021 y 2050, sustituidos en gran medida por las energías renovables (autóctonas), **se prevé que la dependencia energética del exterior pase del 74% en el año 2018 a un 13% aproximadamente en el año 2050**. Tal y como se ha comentado previamente, ese porcentaje de dependencia que permanece en 2050 se debe a los sectores más complicados de descarbonizar, que seguirán requiriendo petróleo y gas.

Esta mejora en el suministro autóctono de energía no sólo es positiva desde un punto de vista de la seguridad y la resiliencia frente a circunstancias internacionales desfavorables. También es muy positiva en relación con la **balanza comercial** (aproximadamente 344.000 millones de euros de ahorro entre 2021 y 2050).

De no acometerse las medidas necesarias para alcanzar la neutralidad climática (Escenario Tendencial), la dependencia energética se situaría en un 52% en 2050.

FIGURA 3.5 Evolución estimada de la dependencia energética



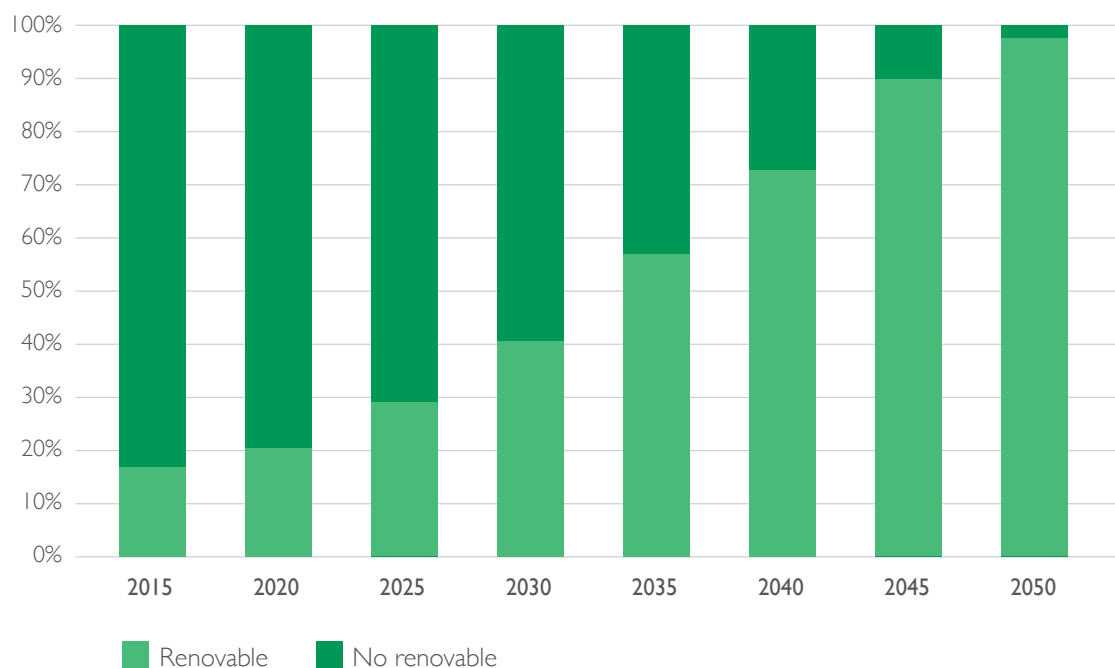
Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020

3.2 ENERGÍAS RENOVABLES

En el marco de la UE, la contribución de las energías renovables sobre el consumo final de energía es uno de los objetivos que miden el progreso de la transición energética. Para medir esa aportación la metodología se establece en la Directiva relativa al fomento del uso de la energía procedente de fuentes renovables, 2018/2001 en su última versión⁵.

En la Figura 3.6, se muestra la evolución de ese porcentaje según los preceptos establecidos en la citada Directiva. Tal y como se puede ver, **la participación de las tecnologías renovables en el consumo final de la energía se incrementa hasta casi el 100% hacia la mitad del siglo.**

FIGURA 3.6 Porcentaje de energía renovable respecto al consumo final de energía⁶



Fuente: *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020*

Ese incremento es necesario para alcanzar la neutralidad climática, ya que las opciones de descarbonización sectorial exigen la reducción de casi la totalidad del consumo de los combustibles fósiles, que serán sustituidos por eficiencia energética y por fuentes renovables.

⁵ Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.

⁶ En la figura, para medir esta aportación, se utiliza la metodología establecida en la Directiva relativa al fomento del uso de la energía procedente de fuentes renovables, que es la 2018/2001.

FIGURA 3.7 Energías renovables en 2050



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020

En el sector del transporte y la movilidad se aprecia una fuerte contribución de la fracción renovable, **alcanzando un 79% en el uso final de la energía en el año 2050**. La aportación no renovable en esa fecha corresponde a la aviación, que sigue utilizando en parte queroseno convencional. Asimismo, una parte residual del transporte marítimo y del transporte de mercancías pesadas por carretera continuaría empleando combustibles fósiles en esa fecha.

Respecto a la generación de energía eléctrica, según la modelización realizada, a partir de 2040 la penetración renovable se acerca al 100%, alcanzando esa cifra hacia 2050.

La evolución del porcentaje de energías renovables en los sectores de frío y calor experimenta un fuerte aumento en el Escenario de Neutralidad Climática, **llegando al 97% en 2050**. Esto es debido principalmente a la contribución de las bombas de calor, especialmente en los sectores residencial y servicios, pero también en industria (para aplicaciones de calor de baja temperatura), así como el aporte de la biomasa, el hidrógeno renovable y la energía solar.

La neutralidad climática precisa que los sumideros naturales sean capaces de absorber al menos una cantidad equivalente a las emisiones de gases de efecto invernadero remanentes en 2050 (para más información ver ANEXO A. SUMIDEROS NATURALES).

FIGURA 4.1 Oportunidades de mejora de los sumideros de carbono

Generando co-beneficios ambientales y socioeconómicos



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020

Dado que el objetivo de la Estrategia es mitigar un 90% las emisiones brutas totales respecto a 1990, los sumideros naturales deberán absorber, al menos, ese 10% restante. Las principales líneas de trabajo identificadas para el desarrollo y fortalecimiento de los sumideros son las siguientes:

- ▶ **Creación de superficies forestadas arboladas.** Son los principales sumideros de carbono y ayudan a aumentar la biodiversidad. Pueden tener un impacto muy positivo en el empleo.
- ▶ **Fomento de la gestión forestal.** La gestión sostenible de los bosques nacionales proporcionará un mayor crecimiento de estos ecosistemas a futuro, así como un menor riesgo de incendios forestales.
- ▶ **Restauración de humedales.** Esto supondrá la recuperación de este tipo de ecosistemas que estaban deteriorados o completamente perdidos.
- ▶ **Fomento de sistemas agroforestales y regeneración de dehesas** mediante la densificación y regeneración del estrato arbóreo para asegurar su sostenibilidad. De este modo se promueven mecanismos efectivos de adaptación al cambio climático.
- ▶ **Conjunto de medidas orientadas a mejorar el carbono orgánico de los suelos agrícolas y forestales,** aumentando las capturas de carbono al tiempo que se generan sistemas más resilientes y otros cobeneficios en materia de seguridad alimentaria, biodiversidad y regulación del ciclo hidrológico, entre otros.

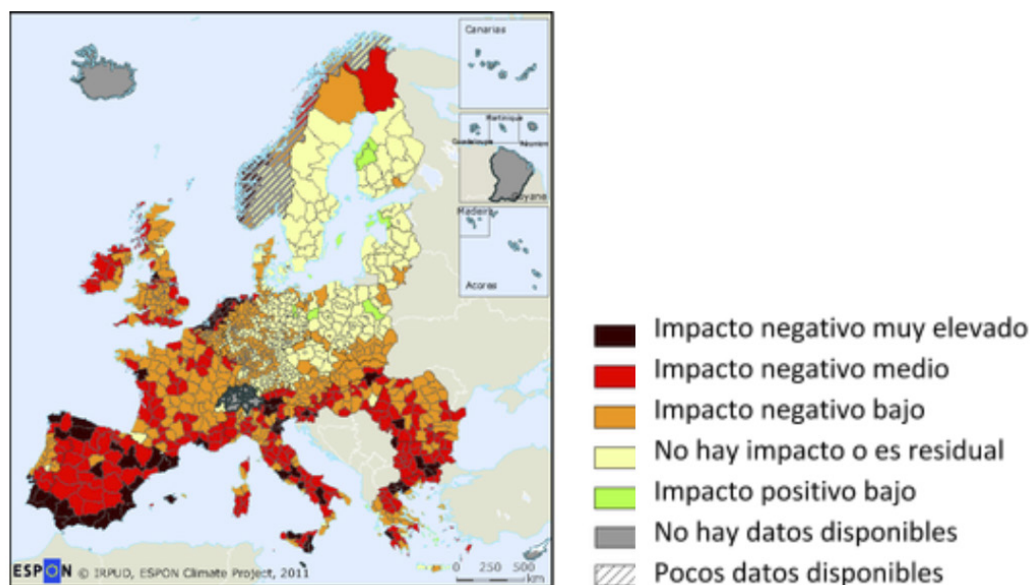
España está experimentando ya impactos relevantes derivados del cambio climático, que se irán agravando a medida que la crisis climática continúe avanzando. Considerar los cambios ya ocurridos y anticiparnos a los proyectados por la ciencia es, por tanto, una necesidad. En este sentido, la incorporación de la dimensión de adaptación al cambio climático a esta estrategia resulta esencial. Para un mayor detalle sobre la estrategia de adaptación incluida en esta estrategia, consultar ANEXO B. ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO.

Adaptación y mitigación constituyen respuestas complementarias frente al cambio climático: sin una adecuada acción en materia de mitigación, las capacidades adaptativas se verán irremediablemente desbordadas. Y, por otra parte, una adaptación que no sea baja en carbono carecería de sentido, ya que alimenta el cambio cuyos efectos se desean evitar.

Conviene señalar también que, a pesar de los esfuerzos previstos en mitigación en esta estrategia, la crisis del clima seguirá progresando debido al efecto de los gases de efecto invernadero ya emitidos. Lo que hace más importante si cabe las políticas de adaptación.

Existe una concentración de riesgos asociados al cambio climático más elevada en el arco mediterráneo que en el resto de Europa (Figura 5.1). Algunos de los sectores económicos importantes del país (turismo, agricultura, ganadería, pesca) son especialmente vulnerables. Por ello es necesario que las políticas de adaptación en España sigan reforzándose y haciéndose más transversales.

FIGURA 5.1 Impacto potencial del cambio climático en Europa



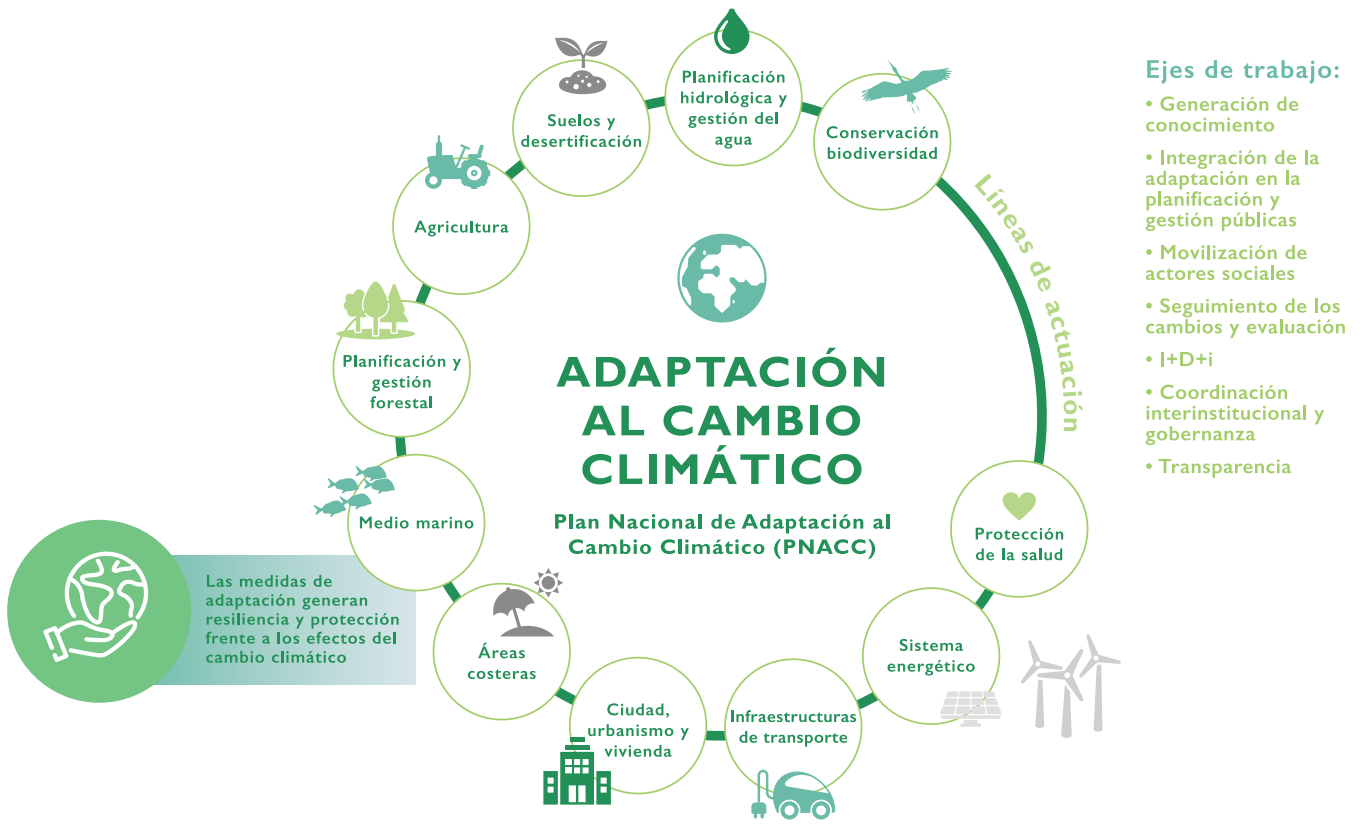
Fuente: Agencia Europea del Medioambiente⁷

⁷ <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/potential-aggregate-impact-adaptive-capacity>

ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Tampoco en España los impactos se distribuyen de manera uniforme en la geografía o en la sociedad y, en consecuencia, pueden abrir o ampliar brechas territoriales y sociales. Por ello, en la adaptación debe fijarse también como objetivo la prevención de un incremento de las desigualdades y avanzar en la senda de la sostenibilidad, en línea con el compromiso de llevar a cabo una Transición Justa.

FIGURA 5.2 Líneas de trabajo sectoriales para la adaptación al cambio climático



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020

Adicionalmente a la información contenida en la Figura 5.2, la Figura 5.3 contiene más detalle sobre las distintas medidas que se plantean para cada uno de los sectores analizados en materia de adaptación al cambio climático.

FIGURA 5.3 Detalle de las medidas incluidas en las distintas líneas de trabajo sectoriales para la adaptación al cambio climático

Conservación de la biodiversidad	<ul style="list-style-type: none"> • Refuerzo de la conservación. Los ecosistemas bien conservados y biodiversos tienen mayor resiliencia ante el cambio del clima. • Promoción de la conectividad ecológica. Incluye la identificación y conservación de los corredores ecológicos. • Integración de la adaptación en la planificación y gestión de áreas protegidas.
Planificación hidrológica y gestión del agua	<ul style="list-style-type: none"> • La gestión de las sequías. Mecanismos que favorezcan la flexibilidad de la oferta y la demanda. • La gestión de las inundaciones considerando los nuevos patrones climáticos. • La protección de la calidad de las aguas ante las nuevas presiones derivadas de la tendencia a menores caudales y mayores temperaturas. • La promoción del uso eficiente del agua orientado al ahorro neto de recursos. • La aportación de nuevos recursos procedentes de la desalación con fuentes renovables y la reutilización para reducir la brecha entre demandas consolidadas y recursos disponibles. • La revisión de las concesiones para adecuarlas a los recursos disponibles.
Suelos y desertificación	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo del Programa de Acción Nacional contra la Desertificación (PAND). • Creación de superficies forestales arboladas, fomento de la gestión forestal y de los sistemas agroforestales.
Agricultura	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de áreas y sectores vulnerables y evaluación de las necesidades y oportunidades en respuesta a las tendencias climáticas. • Apoyo a la investigación agrícola y a la producción experimental para la selección de cultivos, desarrollo de variedades y modelos de gestión de mejor adaptación. • Fomento de la capacidad de adaptación mediante el asesoramiento sobre la gestión de las explotaciones agrícolas. • Fomento de la dieta mediterránea y del consumo de productos locales.
Planificación y gestión forestal	<ul style="list-style-type: none"> • Incorporación de criterios adaptativos particularizados para cada localización. • Inclusión de una perspectiva hidrológico-forestal en el desarrollo de una planificación del territorio. • Promoción de los bosques como herramienta de regulación climática local. • Consideración de los escenarios de cambio climático para la planificación de reforestación.
Ciudad, urbanismo y vivienda	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de políticas en materia de adaptación a incorporar en la gestión local. • Consideración del cambio climático en la planificación urbanística. • Construcción de un sistema local de gobernanza (planes de cambio climático y adaptación).
Áreas costeras. Estrategia de Adaptación al cambio Climático de la Costa Española	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de nuevas herramientas para el análisis de riesgos en la costa. • Refuerzo de los sistemas de alerta temprana y creación de protocolos de evacuación. • Integración de los riesgos costeros en planes de ordenación territorial y urbanismo. • Conservación de playas, sistemas dunares, humedales y marismas.
Medio marino	<ul style="list-style-type: none"> • El seguimiento de los impactos del cambio climático en el medio marino. • La incorporación de la adaptación a la gestión de las Áreas Marinas Protegidas. • La gestión sostenible de la actividad pesquera. • La prevención de la contaminación. • La protección de la biodiversidad marina.
Infraestructuras de transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de las nuevas infraestructuras considerando las condiciones climáticas existentes a lo largo de su vida útil. • Integración de los riesgos derivados del cambio climático en la gestión y mantenimiento de las infraestructuras.
Sistema energético	<ul style="list-style-type: none"> • Proyección del impacto del cambio climático en los potenciales de producción de energías renovables e integración de los resultados en la planificación energética. • Identificación de infraestructuras vulnerables e impulso a programas específicos de adaptación. • Desarrollo de herramientas de evaluación del riesgo específicas. • Desarrollo de normas de adaptación para nuevas infraestructuras.

Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020

ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Además de las líneas de trabajo específicas para cada sector, será necesario implementar herramientas transversales con el objeto de adoptar sistemas integrales de adaptación. Para ello, será necesario contar con sistemas de observación sistemáticos y escenarios climáticos regionalizados, así como una plataforma de gestión de conocimiento sobre adaptación.

Todas las políticas sectoriales deberán ajustarse a los nuevos desafíos derivados de la crisis del clima. Asimismo, deberán coordinarse para dar respuestas integradas a desafíos como el uso y la gestión del agua, los eventos medioambientales adversos, la degradación de las tierras y la desertificación, el impacto sobre ecosistemas o infraestructuras en la costa, así como la protección de la salud de las personas. Dada la amplitud y la profundidad del problema, la adaptación solo podrá abordarse eficazmente si se convierte en un reto socialmente compartido.

En ese sentido, esta Estrategia plantea la necesidad de asumir **la adaptación al cambio climático como política de Estado, por sus profundas implicaciones en la economía y en el capital natural del país y con él, las condiciones básicas para asegurar la salud y el bienestar de las personas de esta y sucesivas generaciones.**

El cambio que se va a experimentar a lo largo de las tres próximas décadas será el resultado agregado de las respectivas transiciones sectoriales. Este apartado profundiza en cada uno de estos sectores.

Para la definición de la Estrategia, se han analizado en profundidad los siguientes sectores económicos: generación eléctrica, transporte, industria, edificación, agropecuario, residuos y gases fluorados. En concreto, la modelización del sistema energético con el sistema TIMES-Sinergia ha generado proyecciones a 2050 de emisiones GEI, eficiencia energética, energías renovables y dependencia energética exterior compatibles con los objetivos fijados y que permiten estimar el orden de magnitud de las transformaciones necesarias.

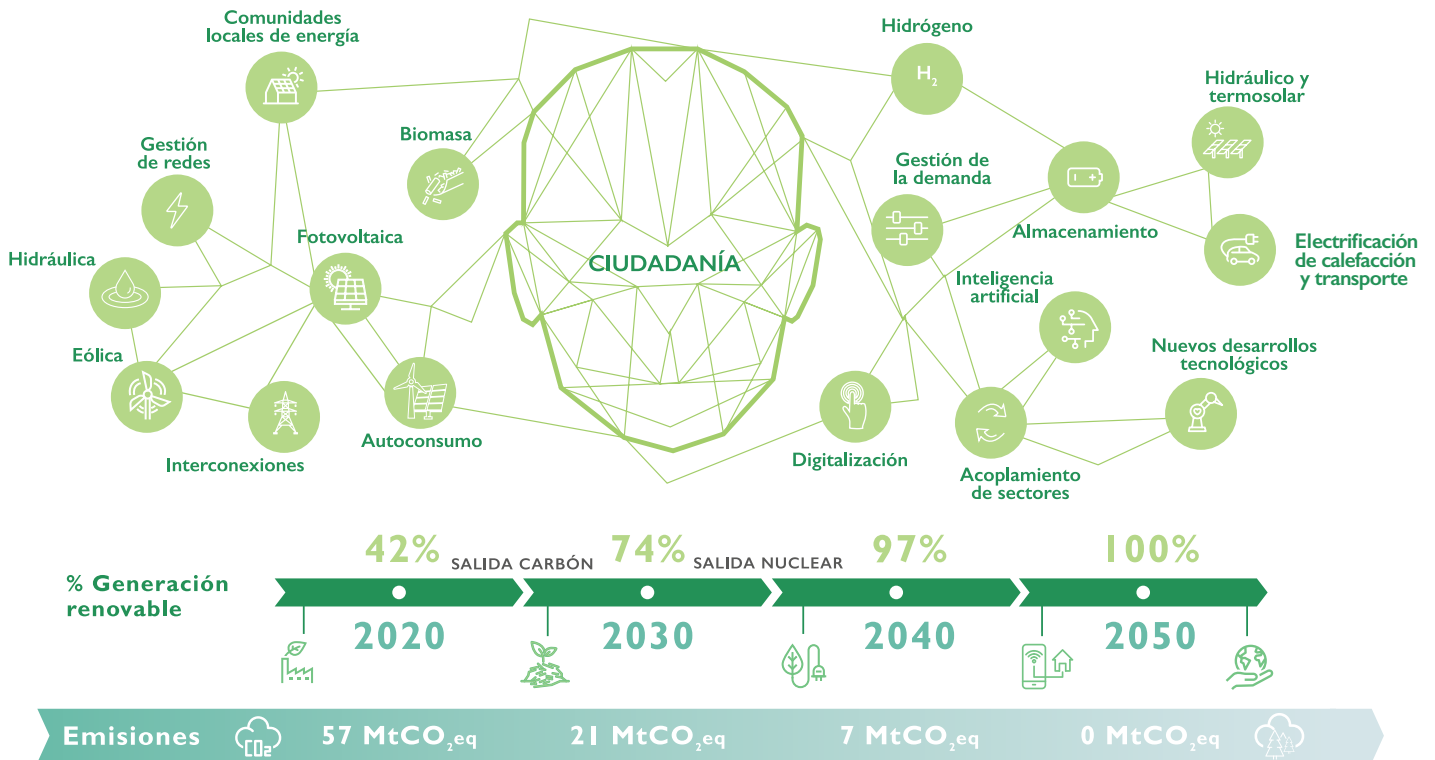
En cada apartado se exponen las principales magnitudes y herramientas que serán importantes en la evolución de ese sector hacia la neutralidad climática.

6.1 SECTOR ELÉCTRICO RENOVABLE

La rápida reducción de emisiones y penetración de renovables en el sector eléctrico hace de la electrificación uno de los vectores principales para la descarbonización del sistema en su conjunto, representando una muy importante oportunidad de inversión. Se espera que este sector sea el primero en reducir drásticamente sus emisiones GEI.

La siguiente figura muestra la evolución del sector eléctrico, así como los principales avances tecnológicos y herramientas que permitirán la reducción de emisiones necesaria para cumplir los compromisos.

FIGURA 6.1 Sector eléctrico



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020

El desarrollo tecnológico de las energías renovables eléctricas ha permitido que, en muchos casos, sean actualmente la alternativa más competitiva para generar electricidad, permitiendo una reducción de los costes eléctricos para los consumidores. Como consecuencia, el PNIEC 2021-2030 prevé conseguir una reducción muy relevante de las emisiones en el sector eléctrico y alcanzar un 74% de producción eléctrica renovable en 2030.

Para avanzar hacia la neutralidad climática en este sector a partir del año 2030, y llegar a un nivel de energías renovables del 100% en el año 2050, situando a la ciudadanía en el centro del sector eléctrico, las líneas de trabajo que tendrán un papel más relevante son:

- ▶ El **diseño y explotación de las redes** de transporte y distribución deberá hacer frente a retos como una mayor generación distribuida con niveles de intermitencia superiores a los actuales, así como la transformación del modelo tradicional de flujos de energía unidireccionales desde los centros de generación hacia un modelo de flujos multidireccionales.
- ▶ El **autoconsumo**, así como las comunidades locales de energía, permitirán fomentar la participación social de la ciudadanía en proyectos e iniciativas de gestión conjunta de energías renovables, a través de las figuras de agregadores energéticos.
- ▶ Se deberán introducir tecnologías para una **operación flexible y segura del sistema**. Entre ellas destacan: el **almacenamiento** tanto diario como semanal y estacional, la gestión de la demanda, así como las redes inteligentes que mediante la digitalización permitan mejorar los sistemas de monitorización, control y automatización.

La rápida descarbonización del sector eléctrico ayuda a que una mayor electrificación de otras demandas energéticas (como la movilidad, usos de calor y frío o usos industriales) sea una herramienta clave para alcanzar la neutralidad climática. En la medida que puedan ser gestionables, estas demandas son a su vez una oportunidad para el acoplamiento de sectores y, por tanto, una mejor operación de un sistema eléctrico renovable.

El desarrollo tecnológico de las energías renovables eléctricas ha permitido que, en muchos casos, sean actualmente alternativa más competitiva para generar electricidad, permitiendo una reducción de los costes eléctricos para los consumidores.

Por último, cabe señalar que, para analizar la seguridad de suministro de energía eléctrica, se han realizado diferentes análisis por parte de Red Eléctrica de España, que permiten garantizar que el sistema planteado, incluso sin incrementos sustanciales de interconexiones eléctricas con terceros países, es capaz de suministrar energía eléctrica de forma fiable y segura. Para ello se han determinado las necesidades de gestión de la demanda, de almacenamiento estacional y diario requeridas.

Para más detalle sobre el sector eléctrico, consultar el ANEXO C apartado C.I. Sector Eléctrico.

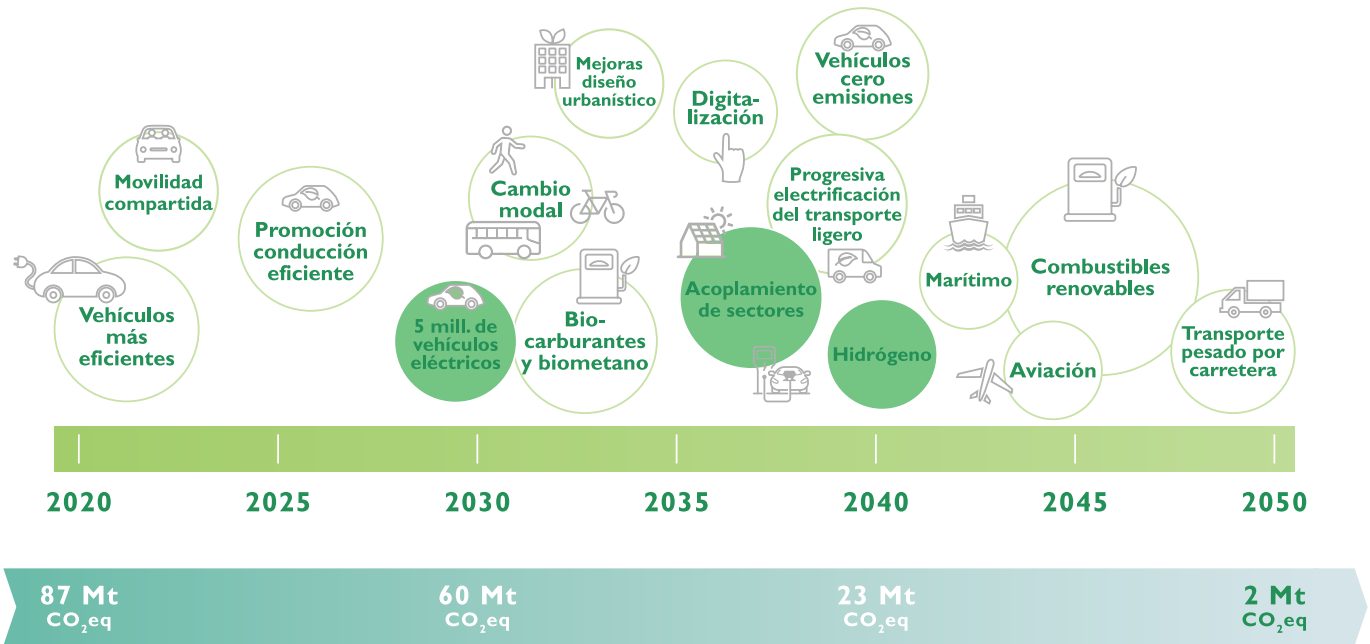
6.2 MOVILIDAD SOSTENIBLE Y TRANSPORTE

La transformación del transporte y la movilidad representa un reto, ya que sus implicaciones afectan a la mayoría de ciudadanos y de empresas. Por otro lado, la responsabilidad y participación de las entidades locales será decisiva, ya que de sus decisiones dependerán en gran medida los patrones de movilidad en los entornos rural y urbano en los próximos años.

Este sector presenta, asimismo, retos tecnológicos, ya que tanto el transporte pesado de mercancías por carretera, como la aviación o el transporte marítimo son subsectores de relevancia en los que las alternativas tecnológicas no emisoras no han madurado comercialmente en la actualidad.

La siguiente figura muestra la evolución de este sector, así como los principales avances tecnológicos y herramientas, que permitirán la reducción de emisiones necesaria para cumplir los compromisos.

FIGURA 6.2 Movilidad sostenible y transporte



Emisiones

Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020

En el año 2030, como resultado de medidas previstas en el PNIEC como el cambio en los modelos de movilidad y el incremento de la electrificación, se prevé alcanzar una cuota del 28% de energía renovable en el transporte-movilidad⁸ así como una reducción de las emisiones de más de un 30% en esa misma década.

⁸ Porcentaje calculado de acuerdo con la metodología establecida en la Directiva (UE) 2018/2001 de Energías Renovables.

Para avanzar hacia la neutralidad climática en este sector a partir del año 2030, y llegar a un nivel de emisiones GEI de tan sólo 2 MtCO₂ en el año 2050, las líneas de trabajo que tendrán un papel más relevante son:

- ▶ Las medidas de eficiencia energética y cambios en los modelos y necesidades de movilidad. Se continuará fomentando el cambio modal de los medios de transporte individuales a los colectivos.
- ▶ La electrificación continuará siendo una tecnología clave en el sector por carretera para vehículos ligeros.
- ▶ Los combustibles renovables serán especialmente importantes para el transporte pesado de mercancías por carretera, la aviación y la navegación.
- ▶ Los gases renovables y el acoplamiento de sectores pueden proporcionar importantes ventajas en el futuro, como el hidrógeno renovable, importante vector energético para descarbonizar ciertos modos.
- ▶ La digitalización permitirá un mejor aprovechamiento de todos los recursos energéticos.
- ▶ La planificación urbanística deberá integrarse con el sector del transporte.

En el año 2030, como resultado de medidas previstas en el PNIEC, como el cambio en los modelos de movilidad y el incremento de la electrificación, se prevé alcanzar una cuota del 28% de energía renovable en el transporte-movilidad, así como una reducción de las emisiones de más de un 30% en esa misma década.

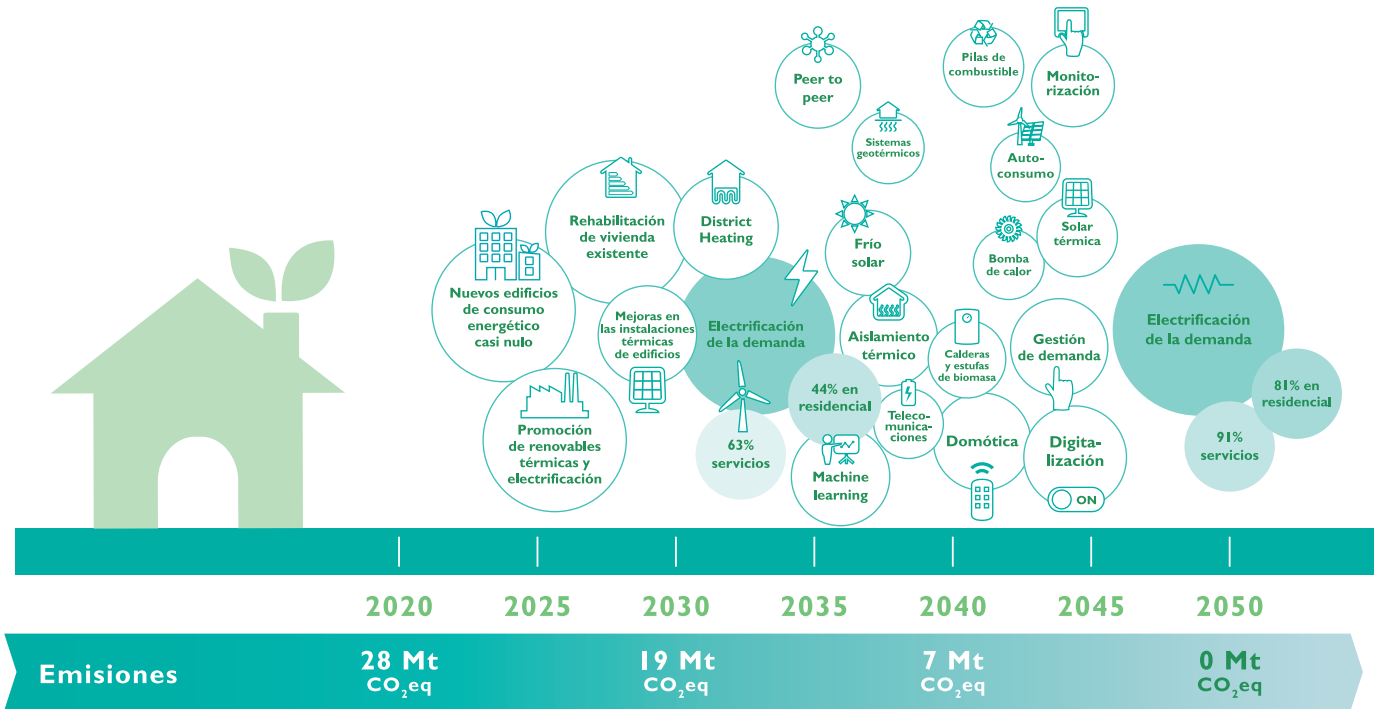
En el estudio detallado de la transformación del sector (ver ANEXO C, apartado C.2. Movilidad sostenible y transporte) se requiere analizar separadamente los distintos modos (carretera, ferrocarril, aéreo y marítimo), ya que son muy diferentes entre sí. La introducción de las nuevas tecnologías vendrá dada por ser la solución más eficiente en costes que satisfaga los requerimientos técnicos y de servicio en cada uno de esos modos.

6.3 EDIFICACIÓN SOSTENIBLE

El sector de la edificación comprende los subsectores residencial, comercial e institucional (para más detalle, consultar el ANEXO C apartado C.3. Edificación sostenible). Cabe destacar que una de las principales herramientas para actuar en la descarbonización de este sector es la electrificación.

La siguiente figura muestra la evolución de este sector, así como los principales avances tecnológicos y herramientas que permitirán la reducción de emisiones necesaria para cumplir los compromisos.

FIGURA 6.3 Edificación sostenible



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020

En el horizonte 2050 se estima que el **80% del parque edificado estará compuesto por edificios que ya construidos, por lo que es necesario priorizar las actuaciones sobre la edificación existente.** Por otro lado, la mayoría del 20% de edificios de nueva planta será de consumo energético casi nulo de acuerdo con la normativa que regula el sector de la edificación en España.

Para impulsar las actuaciones de mejora energética de los edificios ya construidos no es suficiente con disponer de un marco regulatorio adecuado, son necesarias también medidas específicas de impulso. Estas medidas deben comprender los incentivos adecuados, el acompañamiento a los agentes y la movilización de inversiones.

Tal y como se ha indicado al principio de este apartado, la electrificación de la demanda es el principal vector de descarbonización de este sector: Como se puede ver en la figura anterior, en el año 2050 el 81% de las demandas del sector residencial y el 91% en el sector servicios estarán electrificados. Las aplicaciones de calor y frío (agua caliente sanitaria y climatización), que actualmente presentan una mayor proporción de combustibles fósiles, serán las principales palancas. El consumo energético asociado a estos dispositivos se cubrirán mediante una combinación de electrificación, reducción de la demanda y renovables térmicas.

Para avanzar hacia la neutralidad climática en el sector edificación a partir del año 2030, y llegar a un nivel de emisiones GEI nulo en el año 2050, la siguiente figura refleja las principales tecnologías que se plantean. Los principales cambios se producirán en el papel que los consumidores jugarán en el sector mediante la gestión y la reducción de la demanda.

FIGURA 6.4 Tecnologías disponibles para la descarbonización en edificación



Nota: Las renovables térmicas y tecnologías de electrificación pueden ser aplicadas de forma individual o colectiva, como en redes de climatización centralizada o agrupaciones de autoconsumo colectivo. Fuente: MITECO.

Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020

6.4 INDUSTRIA SOSTENIBLE Y COMPETITIVA

La industria es un sector que plantea al mismo tiempo ciertas complejidades, pero también oportunidades a la hora de plantear su descarbonización a 2050. Será necesaria la combinación de las tecnologías más avanzadas, nuevos vectores energéticos, así como la eficiencia energética, para acometer esta transformación aprovechando al máximo las oportunidades.

Así lo entiende también la Comisión Europea, que en su comunicación “*Un nuevo modelo de industria para Europa*” del 10 de marzo de 2020⁹ quiere mostrar su apoyo a la industria en su avance hacia la neutralidad climática. El Pacto Verde Europeo establece el objetivo de crear nuevos mercados de productos climáticamente neutros y circulares, como el acero, el cemento y las sustancias químicas básicas.

Avanzar en la descarbonización de la industria es fundamental para una industria sostenible que mantenga y amplíe el empleo industrial en España. El PNIEC estima que el sector industrial manufacturero es el segundo que más crece en la década 2020-2030 en términos de valor añadido bruto, beneficiado por las medidas de reducción de emisiones. El objetivo de esta estrategia respecto del sector industrial es continuar con esa senda de crecimiento de la actividad de este sector en el periodo 2030-2050.

Pero será imprescindible, para lograr este objetivo, asegurar la competitividad de la industria española a nivel global. Para ello será preciso, por un lado, fomentar su capacidad innovadora y crear mercados domésticos para las nuevas tecnologías necesarias para la descarbonización y, por otro lado, extender las señales y los impulsos a la descarbonización a todos los países, mediante los distintos instrumentos disponibles.

La siguiente figura contiene las principales oportunidades existentes en este sector:

FIGURA 6.5 Oportunidades industriales asociadas con la descarbonización



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020

Tal y como indica la figura anterior, se han detectado ciertos aspectos que supondrán una importante oportunidad para el sector industrial:

- ▶ En todo caso y en un contexto en que el resto de la UE, la comunidad internacional y distintos sectores industriales a nivel global están ya definiendo escenarios de neutralidad climática. Es imprescindible comenzar a desarrollar las líneas de **investigación, innovación y competitividad** para que el sector industrial nacional pueda afrontar las nuevas demandas en las mejores condiciones, así como mantener o incrementar su competitividad.
- ▶ La reducción del coste progresivo de la electricidad que supondrá el desarrollo de las **energías renovables** y el desarrollo del autoconsumo industrial pueden poner a la industria de España (con mejor recurso renovable que otros países) en una situación de ventaja competitiva importante que permita su mantenimiento y desarrollo.

⁹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0102&from=EN>

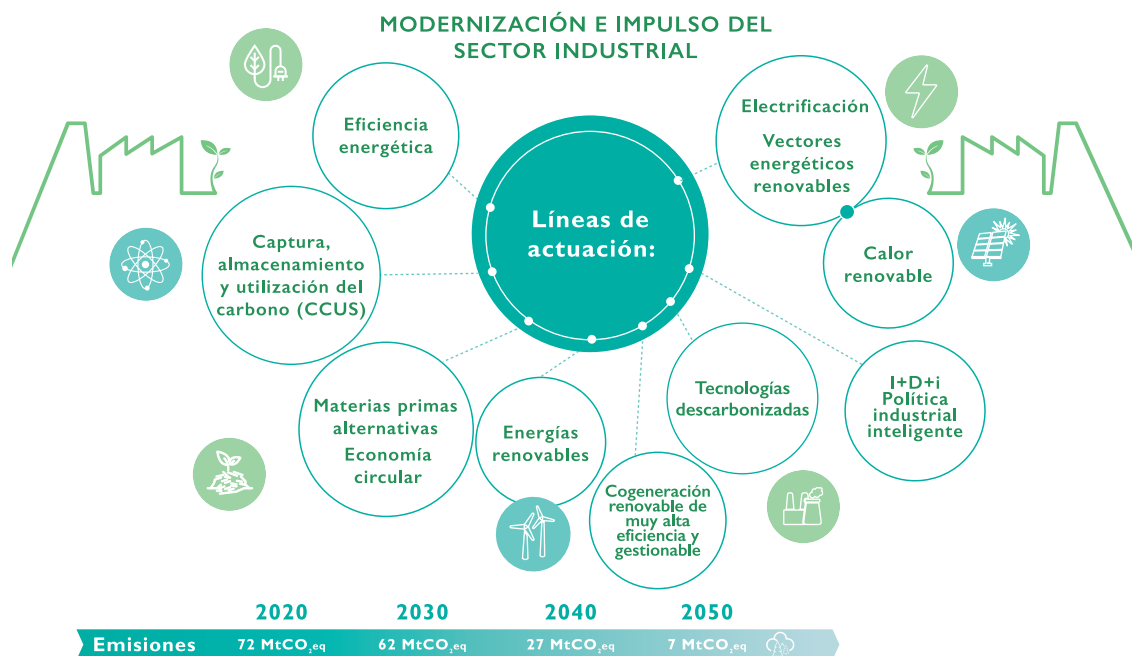
- ▶ Los combustibles renovables serán especialmente importantes para el transporte pesado de mercancías por carretera, la aviación y la navegación.
- ▶ Por otra parte, será necesario desarrollar vectores energéticos descarbonizados, como el **hidrógeno**, para poder satisfacer las necesidades térmicas de la industria. En este aspecto, el contar con energía renovable competitiva, es un elemento fundamental.
- ▶ La **gestión forestal** vendrá acompañando al sector de sumideros de carbono. Pero también habrá oportunidades industriales en el aprovechamiento de la biomasa como energía renovable, haciendo valer así las sinergias procedentes de la gestión de los espacios forestales.
- ▶ El **almacenamiento** de energía es una de las grandes oportunidades, pero a la vez uno de los sectores industriales en los que habrá que dedicar un mayor esfuerzo para alcanzar un doble objetivo. Conseguir una solución tecnológicamente viable, pero también desarrollar el tejido industrial y empresarial nacional capaz de implementar y aprovechar esta solución a gran escala.
- ▶ Relacionado con la anterior, la evolución hacia un modelo de **transporte eléctrico y autónomo** puede suponer una importante oportunidad para un sector tan relevante para la economía española como es el de la fabricación de vehículos.
- ▶ Tal y como se indica en diversas partes de este documento, la **economía circular**¹⁰ ayudará de una manera importante a la descarbonización de este sector. La Estrategia Española de Economía Circular plantea una serie de medidas para que la industria pueda aprovechar estas oportunidades
- ▶ La última de las grandes oportunidades está relacionada con la industria **de rehabilitación de la edificación**. Tal y como se señala en el análisis del sector de la edificación (apartado 6.3), la rehabilitación energética del parque de viviendas existentes es una de las principales patas sobre las que descansa la ruta hacia la neutralidad climática de ese sector. Será importante canalizar esta necesidad, y aprovechar la oportunidad industrial que supone.

Es imprescindible comenzar a desarrollar las líneas de investigación, innovación y competitividad, para que el sector industrial nacional pueda afrontar las nuevas demandas en las mejores condiciones, así como mantener o incrementar su competitividad.

¹⁰ https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0018.02/DOC_1&format=PDF

La siguiente figura muestra las principales magnitudes del sector (emisiones GEI), así como las líneas de actuación que se pretenden fomentar en el horizonte 2050.

FIGURA 6.6 Industria sostenible y competitiva



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020

Las emisiones de este sector se reducen en torno a un 14% en la década de aplicación del PNIEC 2021-2030. Las principales actuaciones están del lado de la eficiencia energética, así como el uso de energías renovables.

En las siguientes décadas, las emisiones continúan disminuyendo hasta llegar a los 7 MtCO₂ en el año 2050, que representan en torno al 25% del total en esa fecha. En este sentido, las principales líneas de actuación que se emprenderán en el sector industrial, desde el punto de vista tecnológico, vienen reflejadas en la figura y son las siguientes:

- ▶ El uso de **materias primas alternativas** y el fomento de la **economía circular** pueden ayudar a reducir enormemente las emisiones y optimizar el funcionamiento de este sector. Igualmente es necesario un abastecimiento de materias primas críticas que mejore la independencia de Europa y evite fuentes de suministro no sostenibles por razones medioambientales o sociales.
- ▶ El **cambio de los procesos actuales a otros que empleen tecnologías descarbonizadas**. En algunos sectores es necesario el desarrollo de soluciones tecnológicas que no están disponibles actualmente a escala comercial y que habrá que desarrollar e implementar.
- ▶ La evolución de los sistemas eléctricos de generación de calor permitirá incrementar la presencia de la **electricidad** en equipos para procesos que requieran bajas temperaturas (por ejemplo, mediante bombas de calor).
- ▶ En cuanto a los procesos de media y alta temperatura, existe un importante potencial para que otras fuentes de energías renovables contribuyan de forma más significativa a la descarbonización del sector industrial. El **hidrógeno renovable** puede ser uno de los principales vectores energéticos con aplicación para estos procesos.
- ▶ Existirán emisiones en los procesos finales que serán difícilmente eliminables, por lo que la **captura, el almacenamiento y el uso** del carbono también podrían jugar un papel en este sector.

- ▶ **La cogeneración renovable y de muy alta eficiencia.**
- ▶ Las medidas de **eficiencia energética** son las más efectivas tanto desde un punto de vista económico como de reducción de emisiones. Se acompañarán con las políticas necesarias como continuación de lo planteado en el PNIEC. Sin embargo, los ahorros obtenidos por esta vía tienen limitaciones técnicas una vez se haya alcanzado un cierto nivel de ahorros, por lo que es imprescindible el desarrollo del resto de líneas.

Es importante señalar que todas las líneas de actuación anteriores deben ir acompañadas de una estrategia de investigación, desarrollo e innovación que ayude a la industria española a posicionarse de forma competitiva en este aspecto a nivel global, no limitándose a utilizar tecnologías desarrolladas en otras regiones.

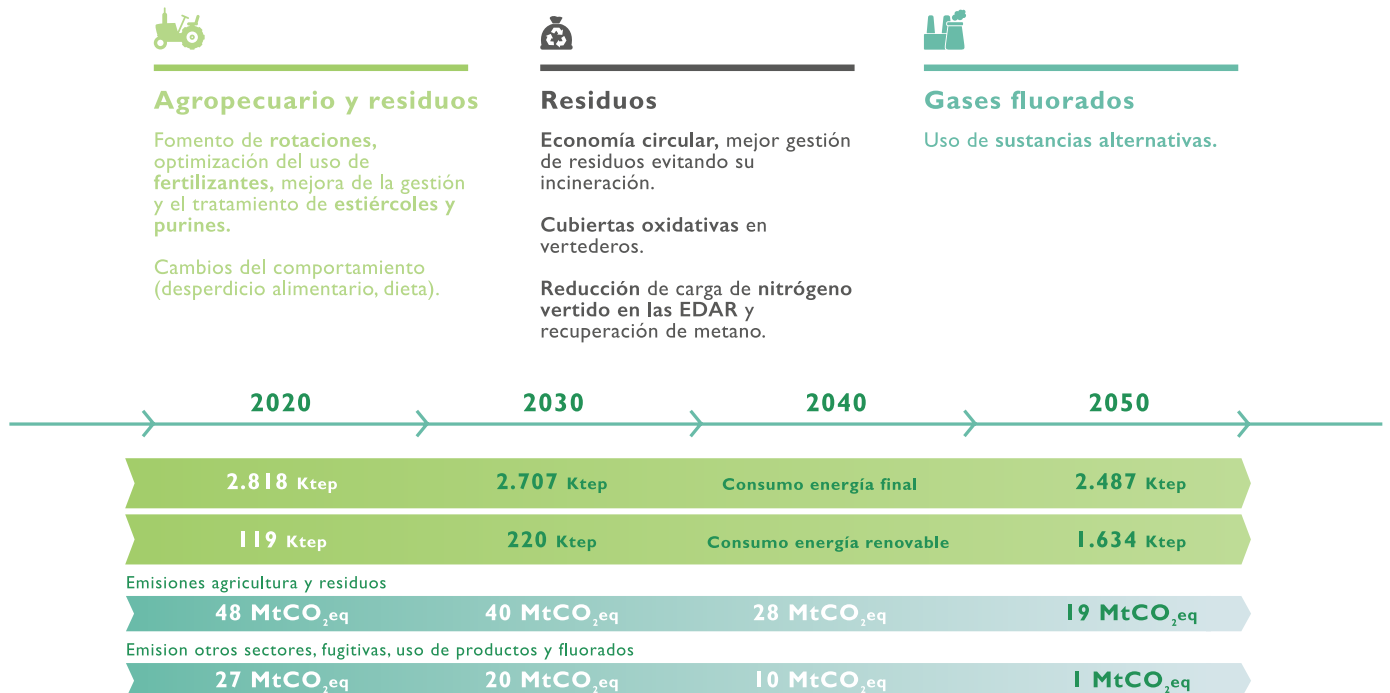
Por último, es necesario desarrollar una estrategia industrial que ayudará a guiar la descarbonización a largo plazo y a aprovechar todas las oportunidades asociadas, mediante la mejora de la competitividad y la innovación, la estabilidad de los precios de la energía y del CO₂, el fomento de la realización de proyectos piloto, y la compra pública sostenible, entre otras cosas.

6.5 AGROPECUARIO, RESIDUOS Y GASES FLUORADOS

Las emisiones de los sectores difusos en 2050 representan dos terceras partes de las emisiones totales de la economía española en 2050. Dentro de las emisiones difusas, las no energéticas presentan características muy especiales que hacen difícil su mitigación. Esto es debido a que las actuaciones en estos sectores bien tienen impacto únicamente en el largo plazo, bien requieren de una transformación profunda de las tecnologías o bien actualmente no se conocen tecnologías ni procedimientos que sean capaces de reducir sensiblemente sus emisiones en un periodo inferior de tiempo. Para un mayor detalle sobre estos sectores, consultar el ANEXO C, apartado C.5. Sectores Difusos No Energéticos.

La siguiente figura resume las tres partes de este sector: agropecuario, residuos y gases fluorados.

FIGURA 6.7 Agropecuario, residuos y gases fluorados



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020

6.5.1 Agropecuario

La trayectoria perfilada para el sector primario logra una importante reducción de las emisiones no energéticas de gases de efecto invernadero, concretamente el **53% respecto al año de referencia 1990**.

No obstante, según la modelización llevada a cabo, más de la mitad de las emisiones que permanecen en 2050 procederán del sector primario debido a las especiales características que hacen difícil su mitigación. Este resultado va en línea con los obtenidos por la Comisión Europea.

Las principales líneas de trabajo que se consideran en el horizonte a 2050 para conseguir la reducción de emisiones del sector agropecuario son:

- ▶ Gestión de estiércoles.
- ▶ Producción de biogás.
- ▶ Gestión de los cultivos y la conservación de los suelos.
- ▶ Digitalización y las tecnologías inteligentes para el riego y fertilización.
- ▶ Mejora en la alimentación del ganado.
- ▶ Uso de fertilizantes nitrogenados recubiertos y con inhibidores de la nitrificación.
- ▶ Aumento de la superficie para el fomento de las rotaciones en cultivos herbáceos de secano, que incluyan leguminosa y oleaginosa, y que sustituyan el monocultivo de cereal.
- ▶ Técnicas de laboreo avanzadas.
- ▶ Optimización del aporte de nitrógeno a las necesidades de cultivo respecto del total de superficie fertilizable.
- ▶ Gestión y aplicación de tratamientos de estiércoles y purines que minimicen la generación de emisiones.
- ▶ Reducción del desperdicio en la cadena alimentaria de consumo nacional.
- ▶ Fomento de la dieta mediterránea y del consumo de productos locales.

La trayectoria perfilada para el sector primario logra una importante reducción de las emisiones no energéticas de gases de efecto invernadero, concretamente el 53% con respecto al año de referencia 1990.

Por último, es importante destacar que este sector, además de ser emisor de gases de efecto invernadero (GEI), **ejerce como sumidero natural a través de la capacidad que tienen el suelo y los cultivos leñosos de fijar carbono**, por lo que, junto con el sector forestal, desempeñará un papel clave en conseguir una economía neutra en emisiones. En este sentido, tal y como se comenta en el apartado de sumideros de carbono, se promoverán prácticas que fomenten la fijación de carbono en cultivos leñosos y en el suelo.

6.5.2 Residuos y aguas residuales

La aplicación de las medidas aquí expuestas permitiría reducir un **81% las emisiones de este sector en 2050 en relación al año 2015**.

Las actuaciones derivadas de la implementación de la **economía circular** supondrían un aumento del reciclado y las materias primas secundarias que se traducirían en una reducción de emisiones.

En materia de residuos y aguas residuales, la aplicación de medidas derivadas de la economía circular y el reciclado, de la reducción de carga de nitrógeno en los vertidos a cauces o del fin de incineración de residuos, permitirá reducir las emisiones en un 81%.

Se potenciará la implementación de tecnologías ya maduras o que ya están en fase avanzada en la actualidad como: el compostaje, la digestión anaerobia y la captación de biogás (con o sin upgrading) y se promoverán cambios de comportamiento de la población para promover la mayor y mejor separación de residuos para incrementar su reciclado. Así mismo se impulsará la digitalización, cambios de comportamiento de la población (reciclaje y separación de residuos) y digitalización.

Adicionalmente, las siguientes son medidas adicionales a las tecnologías ya maduras:

- ▶ **Economía circular:** El cambio del actual modelo lineal es un reto que ya se ha abordado desde la UE. La implementación de las actuaciones conllevará un aumento del reciclado y de la disponibilidad de materias primas secundarias, pero también se requieren cambios en el diseño de los productos y en su capacidad de reparación, en sus modos de uso, etc., lo que sería de aplicación en todos los sectores.
- ▶ Reducción del depósito en vertedero de la fracción orgánica y gestión de los vertederos existentes con técnicas avanzadas.
- ▶ **Reducción de la carga de nitrógeno vertida a los cauces procedentes de las Estaciones de Depuración de Aguas Residuales (EDAR).** Se estima que las emisiones de N_2O a 2050 se reducirán a la mitad como consecuencia de la aplicación de esta medida. Ello será consecuencia de la implementación de la futura normativa europea y nacional sobre calidad de las aguas que podría exigir límites de vertido más estrictos en el futuro.
- ▶ Desvío de residuos desde instalaciones de incineración a tratamientos más eficientes.

6.5.3 Gases fluorados

Las emisiones de gases fluorados de efecto invernadero (HFCs, PFCs, SF₆, NF₃) se producen por las fugas de los equipos y las aplicaciones que los utilizan, principalmente en el sector de la refrigeración y climatización.

La implementación de medidas tanto a nivel europeo (Reglamento UE nº 517/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de abril de 2014, sobre los gases fluorados de efecto invernadero y Directiva 2006/40/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de mayo de 2006, relativa a las emisiones procedentes de sistemas de aire acondicionado en vehículos de motor) como a nivel nacional ha convertido a España en referente mundial en materia de mitigación de emisiones de estos gases.

En la actualidad, existen tecnologías alternativas de bajo o nulo potencial de calentamiento atmosférico a los gases fluorados en la mayoría de aplicaciones basadas bien en el uso de los llamados refrigerantes naturales (CO₂, Hidrocarburos o NH₃), bien en gases fluorados de bajo potencial de calentamiento como son las Hidrofluorolefinas (HFOs).

Sin embargo, los estándares de seguridad internacionales imponen ciertas restricciones que suponen una barrera al uso de ciertos refrigerantes alternativos en detrimento de los gases fluorados. Se espera que, según avance el tiempo, se fijen condiciones de seguridad adecuadas al riesgo que suponen y se permitirá el uso de estos gases alternativos. La introducción de nuevas tecnologías facilitará el desarrollo del uso de gases de potencial de calentamiento muy bajo.

Además, a futuro se seguirá investigando en el resto de sectores en los que todavía no existen alternativas (aislantes en equipos eléctricos, aerosoles médicos, etc)

Tras aplicar todas las medidas identificadas en esta Estrategia, se estima que el sector de gases fluorados habrá reducido sus emisiones GEI un 94% en el año 2050 respecto a los niveles actuales.

FACTORES
TRANSVERSALES EN LA
NEUTRALIDAD CLIMÁTICA

FACTORES TRANSVERSALES EN LA NEUTRALIDAD CLIMÁTICA

El proceso de cambio que pretende impulsar esta estrategia para alcanzar la neutralidad climática a mediados de siglo, modernizará la economía y mejorará su competitividad, generando empleo de calidad e incidiendo positivamente en la calidad de vida de las personas. En este cambio, existen una serie de factores transversales, que son aquellos aspectos o ámbitos que afectan al conjunto de la economía y la sociedad.

FIGURA 7.1 Factores transversales



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020

7.1 EL PAPEL DE LA CIUDADANÍA

La transformación del sistema energético y de la economía hacia un país climáticamente neutro en 2050 implica un cambio para el cual es imprescindible contar con la implicación de la sociedad de manera estable. Se trata de movilizar los recursos sociales existentes al objeto de que la transición optimice en talento para la innovación y la búsqueda de soluciones y encuentre el apoyo necesario para sortear las dificultades que se irán presentando en el camino, así como para motivar los importantes cambios de comportamiento que se precisan y hacer partícipe al conjunto de la sociedad de las oportunidades que supone.

7.1.1 Situar a la ciudadanía en el centro

La transición energética hacia un modelo basado en las energías renovables permite situar a la ciudadanía en el centro del sistema energético, ofreciéndole nuevas oportunidades. Quienes en el modelo convencional tenían un rol exclusivamente de consumo, podrán convertirse en agentes proactivos.

En este sentido, a finales de 2016 la Comisión Europea en el marco del “Paquete de Invierno” propuso situar a la ciudadanía en el centro de la transición energética. En concreto, la Directiva de fomento de energías renovables exige que los Estados miembro garanticen a los consumidores el derecho a producir, consumir, almacenar y vender su propia energía renovable. También pide evaluar tanto las barreras como el potencial de desarrollo de las comunidades de energía renovable.

En esta línea, a nivel nacional, el PNIEC 2021-2030 sienta las bases para fomentar la participación de la ciudadanía en el sector energético de una forma más amplia que relegando exclusivamente a un rol de consumo. Entre otras acciones, se plantea fomentar la participación de la ciudadanía en proyectos de energías renovables, el desarrollo de comunidades energéticas locales, así como el autoconsumo energético individual y compartido.

La transición energética hacia un modelo basado en las energías renovables, permite situar a la ciudadanía en el centro del sistema energético, reconociendo su derecho a producir, consumir, almacenar y vender su propia energía.

La declaración de emergencia climática pone en el centro a las personas contribuyendo a asegurar unas condiciones dignas para el futuro de los más jóvenes, asegurando una justicia intergeneracional y una mayor equidad y disminución de la desigualdad.

7.1.2 Nuevos valores y hábitos de comportamiento

Un número creciente de personas está comenzando a modificar comportamientos y hábitos de consumo, motivados por la adquisición de una mayor conciencia de los efectos de estas actuaciones sobre el cambio climático. Se observan, entre otros, cambios que afectan a la movilidad, como el aumento de los desplazamientos peatonales, en bicicleta, patín, teletrabajo, vehículo compartido y en transporte público en el medio urbano. Asimismo, el modelo de vehículo en propiedad se está transformando hacia un modelo de servicio de la movilidad. Los hábitos de alimentación también están experimentando cambios y es muy probable que se profundicen en el futuro.

En este sentido, las políticas públicas pueden extender y reforzar los estilos de vida bajos en carbono a través de diversas líneas de actuación entre las que destacan las siguientes:

1. Promover la investigación y la innovación social sobre estilos de vida bajos en carbono y resilientes frente al cambio climático.
2. Informar sobre la huella de carbono a lo largo de todo el ciclo de vida de productos y servicios a través de catálogos comerciales y etiquetas.
3. Identificar oportunidades de cambio basadas en una combinación de mejoras tecnológicas y nuevos comportamientos.
4. Promoción de los estilos de vida sostenibles.

Las políticas públicas deben extender y reforzar estilos de vida bajos en carbono, informando a la ciudadanía sobre la huella de sus comportamientos e identificando oportunidades de nuevos hábitos resilientes frente al cambio climático.

7.2 TRANSICIÓN JUSTA Y ACOMPAÑAMIENTO A COLECTIVOS Y SECTORES VULNERABLES

Según datos de la Comisión Europea existen en la actualidad cuatro millones de puestos de trabajo en la economía verde europea, cifra que se estima que va a crecer de manera significativa en las próximas décadas. Por ejemplo, la Organización Internacional del Trabajo (*World Employment and Social Outlook, 2018*) prevé que la transición energética generará en 2040 dos millones de puestos de trabajo en la UE.

De hecho, la Unión ha impulsado el avance de la transición ecológica de la economía no sólo por los aspectos climáticos, sino también por su potencialidad para crear más y mejores empleos. Dos importantes paquetes de políticas europeas, el Paquete de Energía Limpia para todos los Europeos y el Paquete de Economía Circular, fueron propuestos también desde la apuesta por el crecimiento económico y de empleos para la UE. En la actualidad el Pacto Verde Europeo es la hoja de ruta para dotar a la UE de una economía sostenible que se propone dar respuesta a los retos climáticos y medioambientales, logrando una transición justa e integradora para todos.

Considerando el desarrollo de estas políticas, una parte significativa del empleo que existirá en la UE en el periodo 2030 – 2050 será fruto de las políticas de transformación ecológica y descarbonización promovidas en décadas previas.

En el caso de España, el PNIEC y la Estrategia de Transición Justa (presentados en el Marco Estratégico Energía Clima) son, del mismo modo, una propuesta para hacer de la economía verde un motor que contribuya a la mejora de la competitividad de la economía nacional y a la generación de empleo de calidad.

Como se ha explicado, esta Estrategia vuelve a demostrar las oportunidades de profundizar en las políticas de descarbonización para obtener beneficios en términos de empleo. Se estima que el empleo aumentaría un 1,6% en el año 2050 para el Escenario de Neutralidad Climática.

Una parte significativa del empleo que existirá en la UE en el periodo 2030 – 2050, será fruto de las políticas de transformación ecológica y descarbonización promovidas en décadas previas. La propuesta de España es hacer de la economía verde el motor de la mejora de la competitividad y empleo de calidad.

Es necesario resaltar que, los resultados de empleo de la ELP dependerán de la interacción de muchos factores que escapan a su ámbito. Procesos como la digitalización, la automatización, los cambios organizativos en el mundo del trabajo, la evolución de la globalización podrían tener una importante influencia en el mercado laboral a lo largo de los próximos 30 años. En cualquier caso, a igualdad de factores, los impactos de transitar hacia la neutralidad climática sobre el empleo serán positivos.

Sin embargo, aunque los resultados serán mayoritariamente positivos, como en todo proceso de cambio los efectos sobre los diferentes grupos son desiguales. La transición generará numerosas oportunidades y beneficios, pero en algunos casos esta adaptación puede provocar también impactos negativos.

FACTORES TRANSVERSALES EN LA NEUTRALIDAD CLIMÁTICA

Del mismo modo que los sectores y subsectores que presenten mayores oportunidades en esta progresiva descarbonización se irán modificando con el desarrollo y madurez de algunas tecnologías (almacenamiento, hidrógeno, mejoras avanzadas de eficiencia energética de productos y procesos, puesta en marcha de un modelo avanzado de economía circular¹¹), también se encontrarán nuevos desafíos de cara al empleo o a la cohesión social o territorial que habrá que mitigar.

La propia Estrategia de Transición Justa establece la necesidad de elaborar dichas estrategias cada 5 años, con el objetivo de optimizar las ganancias sociales y laborales de la descarbonización y anticipar y paliar sus posibles impactos negativos.

Estas estrategias identificarán colectivos, territorios y sectores vulnerables para desarrollar convenios de transición justa que garanticen el acompañamiento para no dejar a nadie atrás. Asimismo, deberán acercar las oportunidades de la descarbonización a los lugares y los colectivos donde se producen los desafíos. Esto se realizará mediante la implementación de políticas industriales o fiscales, políticas activas de empleo y formación profesional o medidas de protección de población vulnerable y consumidores. Todo esto, desarrollado siempre desde el análisis de impacto distributivo de las medidas a aplicar.

Se deberán acercar las oportunidades de la descarbonización a los lugares y los colectivos donde se producen los desafíos. Y ello, mediante políticas industriales o fiscales, políticas activas de empleo y formación profesional o medidas de protección de población vulnerable y consumidores.

Respecto de la cohesión social, la transición hacia la neutralidad en carbono puede ayudar a reequilibrar las desigualdades sociales existentes si se toman las medidas adecuadas. Para ello es necesario, por una parte, aprovechar los impactos favorables directos (empleo y economía), pero también los indirectos en forma de mejora de la salud de las personas y ciudades más habitables. También será necesario alinear las políticas de transición energética con otras de progreso social y reducción de la desigualdad.

¹¹ Según los estudios llevados a cabo por la Comisión Europea, la recirculación de materiales, las mejoras avanzadas de eficiencia energética de productos y procesos, así como la puesta en marcha de un modelo avanzado de economía circular podría reducir las emisiones industriales hasta un 60% en el año 2050 (respecto al año de referencia 1990).

La economía circular complementa la transición energética, favoreciendo nuevos mercados, nuevos modelos de negocio, nuevas oportunidades de empleo y nuevas tecnologías en la industria. Para desplegar ese potencial son necesarios cambios regulatorios y políticos, programas específicos de I+i+c y nuevas inversiones que permitan la transformación.

Alcanzar elevados niveles de reducción, reutilización y reciclaje será especialmente importante en ciertos materiales.

7.3 RETO DEMOGRÁFICO

Abordar el reto demográfico es una de las prioridades a afrontar y que requiere una aproximación transversal. La Estrategia Nacional frente al Reto Demográfico es la herramienta que articula esta acción multidisciplinar y global para, entre otras cuestiones, garantizar la plena conectividad, asegurar la prestación de servicios y ofrecer un marco favorable a la generación de oportunidades de futuro en el territorio, especialmente para las generaciones más jóvenes.

Los retos que plantea la necesaria descarbonización del país están íntimamente conectados con el desafío demográfico. La respuesta a la emergencia climática requiere un planteamiento territorial no sólo porque el territorio es una parte esencial de la solución, sino también porque las oportunidades asociadas a la transición ecológica pueden y deben optimizarse para orientarse a las áreas del país menos pobladas.

Por su parte, el despliegue y el desarrollo industrial y de conocimiento asociada al desarrollo de las energías renovables en el territorio tiene que articularse como una herramienta de desarrollo rural. De hecho, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y el Tribunal de Cuentas Europeo, coinciden en señalar las sinergias que existen en ambos procesos. En particular la OCDE insiste en que una condición para el éxito es que los desarrollos de las energías renovables se integren en el territorio y formen parte de una política de desarrollo sostenible de las regiones. De esta forma se conecta el despliegue renovable con otros elementos de la economía regional y local, como pueden ser el turismo rural, la industria, la gestión forestal o las estructuras de innovación. Por último, una línea de trabajo importante será favorecer la participación de las personas de los entornos rurales en el desarrollo de instalaciones renovables.

Más allá de la acción nacional, es preciso trabajar en el marco comunitario para establecer la correspondiente conexión e interrelación con las políticas demográficas, de adaptación, de impulso de las tecnologías renovables, así como de Transición Justa dentro de la UE.

A su vez, para lograr la interconexión entre Reto Demográfico y Descarbonización es necesario partir del reconocimiento de la multidimensionalidad del fenómeno demográfico. Su primer pilar es la despoblación. Entre el año 2001 y el año 2018 más del 63% de los municipios españoles perdieron población. El fenómeno es más acuciante en la última década, elevándose la cifra hasta el 76.6%. Una pérdida de población que conlleva la pérdida de un valor añadido. Así, resulta imprescindible poner en valor la población del medio rural como custodio de buena parte de los recursos naturales del país, un papel clave para garantizar y consolidar los reservorios de carbono en el territorio, y para hacer frente a las amenazas del calentamiento global como son las sequías, los incendios forestales y la desertificación.

En segundo lugar, el envejecimiento. El incremento de la esperanza de vida representa un éxito del modelo social de nuestro país, pero a la vez supone un reto de cara a su gestión. El índice de envejecimiento en España es del 120%, lo que supone que por cada persona menor de 16 años hay 1,2 personas de más de 64. De esta forma, la vocación de justicia e inclusividad que busca esta Estrategia a Largo Plazo pasa por no dejar atrás a colectivos que, de otro modo podrían verse abocados a una mayor vulnerabilidad, no solo consecuencia de su edad, sino también del cambio climático.

Finalmente, la tercera dimensión hace referencia a la población flotante. En muchas zonas existe una verdadera dificultad para gestionar la sobrepoblación estacional, consecuencia de factores como el turismo o la actividad agraria. Se trata de sectores especialmente vulnerables al cambio climático, con el subsiguiente impacto en las poblaciones receptoras y a la sostenibilidad de sus recursos. En consecuencia, toda acción focalizada en estas poblaciones no debe obviar esta tercera dimensión, de cara a ofrecer instrumentos de mejora de la gestión. En este sentido, la Estrategia de Descarbonización deberá tener en cuenta el fenómeno multidimensional del Reto Demográfico para poder adoptar las medidas necesarias capaces de garantizar un desarrollo económico inclusivo y climáticamente neutro, adaptado a las necesidades del territorio y la población que lo habita.

¹² En elaboración en el momento en el que se aprueba esta Estrategia a Largo Plazo.

7.4 IGUALDAD DE GÉNERO

Los objetivos de desarrollo sostenibles de Naciones Unidas integran la dimensión de género en el ODS 5 (igualdad de género) y el ODS 7 (energía limpia y asequible). En relación a estos objetivos y a la posición transversal que ocupa la igualdad de género en la transición energética, debe prestarse atención en primer lugar, al rol de las mujeres en el sector energético, y, en segundo lugar, a la relación existente entre género y el consumo energético.

La participación de las mujeres en el sector energético es inferior que la participación en el mercado de trabajo global y la presencia en otros sectores económicos. Según el informe de IRENA sobre perspectiva de género en el sector de las renovables del año 2019, las mujeres ocupan el 32% de los empleos en renovables en el mundo. Cifras que son todavía inferiores en sectores como petróleo y gas (28% de presencia de mujeres).

Algunas de las cuestiones sobre las que puede prestarse atención para tener una perspectiva de género de la transición hacia una economía baja en carbono, están relacionadas con la diversidad de género tanto en los órganos de gobierno como en el personal. Uno de los inconvenientes para hacer un seguimiento de este aspecto, es la falta de datos desagregados por género. Para aplicar de manera efectiva la perspectiva de género, es necesario en primer lugar, disponer de una radiografía del sector contando con los datos necesarios.

Por su parte, la industria puede jugar un rol importante mediante la existencia y creación de asociaciones sectoriales de mujeres, tales como Mujeres en la Energía o Mujeres en las Energías Renovables. Diversos estudios muestran además que la diversidad en las organizaciones fortalece la innovación y es positiva para los negocios (McKinsey&Company, 2015 y EY 2015).

En aspectos como la pobreza energética, existe una desviación por razón de género, que se cruza con la edad y el estrato social. Según la Estrategia Nacional contra la pobreza energética, entre 3,5 y 8,1 millones de personas, en función del indicador utilizado, se encuentran en situación de pobreza energética en España, lo que supone hasta el 17% de los hogares. Además, la pobreza energética tiene una especial incidencia en las mujeres, siendo los colectivos más afectados las mujeres mayores de 65 años y las familias monoparentales/monomarentales, de las cuales un 80% están formadas por mujeres.

Según el informe de IRENA sobre perspectiva de género en el sector de las renovables del año 2019, las mujeres ocupan el 32% de los empleos en renovables en el mundo. Cifras que son todavía inferiores en sectores como petróleo y gas (28% de presencia de mujeres).

En lo referente a la relación existente entre el género y el consumo de energía, es necesario analizar los diferentes patrones de consumo desagregados en función del género. Por ejemplo, en el consumo en los hogares, las mujeres dedican más tiempo al trabajo doméstico no remunerado, por su parte los hombres consumen más energía en sectores como el transporte.

Algunas de las cuestiones que deben considerarse para implementar una perspectiva de género en la transición ecológica son:

- ▶ Incorporación de una perspectiva de género en la formulación de las políticas, el diseño de los programas y la implementación de los proyectos.
- ▶ Desarrollo de habilidades propias en asignaturas técnicas y no técnicas y en ampliar las competencias empresariales y de liderazgo.
- ▶ Atracción y retención del talento con una perspectiva interseccional de género en los sectores implicados, a través de políticas de igualdad de oportunidades para el desarrollo profesional.
- ▶ Análisis de los distintos patrones de consumo para adecuar las políticas públicas y hacerlas más efectivas, teniendo en cuenta la dimensión de género.

En definitiva, debe prestarse atención a las distintas dimensiones de la diversidad de forma interseccional, de manera que no exista discriminación alguna por motivos de género, sexo, orientación sexual, identidad sexual o de género, origen racial o étnico, situación administrativa, estatus de migrante. Este enfoque implica aprovechar la oportunidad de la transición ecológica para incrementar la formación y empleabilidad de los diversos grupos sociales para su plena participación en el nuevo diseño del sistema energético y en la reducción de emisiones.

Es necesario aprovechar la oportunidad de la transición ecológica para incrementar la formación y empleabilidad de los diversos grupos sociales, para su plena participación en el nuevo diseño del sistema energético y en la reducción de emisiones.

7.5 EDUCACIÓN, FORMACIÓN PROFESIONAL Y APRENDIZAJE CONTINUO

España solo estará entre los países europeos líderes de la transición energética global si cuenta con capital humano cualificado para la tarea.

El estudio *“Brechas educativas y formativas en el sector de las energías renovables”*¹³, publicado en octubre de 2018, ha analizado la oferta global de formación en el sector de las energías renovables. Considera que la falta de profesionales cualificados podría ser una barrera para el avance en el desarrollo de las tecnologías renovables en España. Para evitarlo, propone que se adapte la oferta formativa para suplir estas carencias y que se flexibilice para adecuarse al ritmo al que los sectores renovables se desarrollan.

Por otro lado, en la comunicación de la Comisión Europea *“Un nuevo modelo de industria para Europa”*¹⁴, se dedica una especial atención a la parte formativa. En este sentido, se indica que *“una industria competitiva depende de la contratación de mano de obra cualificada y la capacidad para retenerla. Hacer del aprendizaje permanente una realidad para todos será todavía más importante: tan solo en los próximos cinco años, ciento veinte millones de europeos tendrán que mejorar sus capacidades o reciclarse profesionalmente.”*

La integración de las materias relacionadas con la neutralidad climática y el desarrollo sostenible en la educación formal a todos los niveles es una tarea compleja que requiere una acción sostenida a largo plazo. A corto plazo, se precisa implementar estándares de calidad en la formación en estrecha cooperación con la industria. Además, los medios formativos y los materiales educativos han de adaptarse y mejorarse incorporando la formación en línea y la digitalización.

Por otro lado, el sector de la construcción va a requerir un gran número de profesionales debidamente capacitados para acometer los objetivos de rehabilitación energética de los edificios construidos, así como los estándares de construcción de los edificios nuevos.

En la actualidad, se han iniciado se continua con los trabajos de identificación de dichas cualificaciones profesionales para dotar a la transición energética de la mano de obra necesaria. En concreto, en el ámbito de la formación profesional se está revisando el Catálogo Nacional de Cualificaciones Profesionales, el Catálogo de Títulos de Formación Profesional y de Cursos de Especialización, y el Repertorio Nacional de Certificados de Profesionalidad, para identificar las nuevas necesidades de cualificación, y entre ellas, las asociadas a la neutralidad climática para definir los nuevos estándares de competencia, con el objetivo de identificar los sectores prioritarios que serán el motor económico del país.

¹³ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X18307266>

¹⁴ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0102&from=EN#footnote9>

7.6 INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y DESARROLLO

El éxito de la transición energética depende de desplegar con éxito una cartera de alternativas tecnológicas en cada sector, tal y como indica la Comisión Europea. Se necesita crear un ecosistema de innovación que permita asumir los riesgos necesarios para desarrollar las alternativas más apropiadas, y transferir el conocimiento de forma efectiva a las empresas para su despliegue a la escala requerida.

Ahora bien, no basta con identificar las líneas prioritarias y articularlas alrededor de misiones estratégicas. Es imprescindible hacer evolucionar el ecosistema de innovación, tanto a nivel europeo como español, hacia uno más adaptado a las incertidumbres que presenta una transición energética y ecológica de la magnitud que se propone, y más orientado asimismo hacia una gestión inteligente de los riesgos.

En primer lugar, es necesario seguir profundizando en las investigaciones climáticas, tanto en los efectos y la efectividad de las políticas de mitigación del cambio climático, como en las consecuencias que este puede tener sobre el territorio, así como las políticas de adaptación más eficaces que habrá que llevar a cabo.

Asimismo, la transición ecológica requerirá la evolución de los sistemas de generación renovable, pero también necesitará otras tecnologías, en particular las que faciliten la eficiencia energética, las de almacenamiento de energía (en forma de electricidad o cualquier otra siempre que sea económica, técnica y ambientalmente viable), las nuevas formas de movilidad y las necesarias para la descarbonización de la industria intensiva en energía.

Al mismo tiempo y de forma paralela, están las tecnologías de amplio espectro: internet de las cosas, biotecnología, nanotecnología, inteligencia artificial, robótica y tecnologías de la información y la comunicación.

Necesitamos crear un ecosistema de innovación que permita asumir los riesgos necesarios para desarrollar las alternativas más apropiadas, y transferir el conocimiento de forma efectiva a las empresas para su despliegue a la escala requerida.

A continuación, se comentan con mayor detalle algunas de las áreas consideradas prioritarias:

Ciencia del clima

En esta línea será preciso continuar investigando los efectos y las políticas necesarias para el cumplimiento del Acuerdo de París. En siguientes etapas también se requerirá el desarrollo de sistemas predictivos integrados sobre el tiempo atmosférico y el clima.

Será importante incrementar el conocimiento sobre los impactos de los cambios del clima en el territorio, la avifauna, la vegetación e incluso la población. También será de gran valor el estudio de la variación en el régimen de precipitaciones, así como la previsión de eventos climáticos extremos para poder acometer las acciones necesarias de adaptación y así reducir los potenciales impactos negativos.

En el ámbito concreto del clima en las ciudades, se potenciará la investigación hacia lograr ciudades climáticamente neutras, impulsoras de la economía circular y en las que las personas ocupen un espacio central.

Eficiencia energética

De acuerdo con múltiples estimaciones, la mitad de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global se logrará por medio de la eficiencia y el ahorro energético aplicado tanto a procesos productivos como a consumos de los hogares y a la movilidad. Esta mayor eficiencia puede provenir tanto de avances tecnológicos como de cambios de comportamiento.

Ámbito social

El reto de la neutralidad climática precisará también importantes innovaciones sociales que acompañen y hagan posible la necesaria transformación tecnológica. Para ello, se apoyará la realización de proyectos en el ámbito de las ciencias sociales que contribuyan al desarrollo, implementación y diseño de iniciativas que permitan a la ciudadanía contribuir y beneficiarse de la transición hacia una económica neutra en carbono.

Asimismo, se impulsarán acciones de información, divulgación, sensibilización y concienciación orientadas a la adquisición de hábitos y actitudes acordes con el consumo responsable, la eficiencia, la sostenibilidad, la corresponsabilidad y la cooperación entre los ciudadanos. Se apoyará, de igual modo, la transformación urbana a través de la economía social.

Sistema eléctrico 100% renovable

La transición hacia un sistema de generación eléctrica más descentralizado y basado en tecnologías renovables no gestionables, como la solar fotovoltaica y la eólica, ha de ir acompañada del desarrollo de un modelo más flexible.

La investigación y la innovación deberán prestar una especial atención a la gestión del sistema, lo que requerirá tecnologías renovables gestionables, sistemas de almacenamiento, redes de transporte inteligentes, así como mecanismos de gestión de la demanda. El objetivo final es lograr un sistema 100% renovable en 2050.

Hidrógeno y “power to X”

Puede proporcionar alternativas de interés para la industria y el transporte pesado en los que, aparentemente, la electrificación y el uso de baterías tendrán dificultades para ofrecer buenos rendimientos a un coste razonable. Estos vectores energéticos son relevantes también de cara a hacer frente al almacenamiento diario, semanal o estacional.

En relación con el hidrógeno, es preciso el desarrollo del proceso de electrólisis a partir de fuentes de energía renovable, en especial aprovechando aquellos momentos en que exista un exceso de generación, más concretamente cuando ese exceso de generación obligue a que parte de la energía generada se pierda (lo que se conoce como “vertidos”). En consecuencia, son imprescindibles tanto la investigación como la innovación a lo largo de la cadena de generación, almacenamiento y uso del hidrógeno.

En particular, el hidrógeno limpio es una tecnología novedosa y requiere una mayor coordinación en toda la cadena de valor. A este respecto, la Comisión Europea ha puesto en marcha varias iniciativas, anunciando la puesta en marcha de la nueva **Alianza Europea por un Hidrógeno Limpio**, que reunirá a los inversores con socios gubernamentales, institucionales e industriales.

Por otro lado, la Comisión Europea ha presentado la Estrategia de Hidrógeno de la Unión Europea y el Gobierno trabaja en la Hoja de Ruta de Hidrógeno Renovable. Adicionalmente, existe una línea específica identificada como cadena de valor sobre sistemas de hidrógeno dentro de las convocatorias IPCEIs (Important Projects of Common European Interest).

También es importante el desarrollo del resto de combustibles renovables, que se pueden producir a partir de procesos bioquímicos o a partir de síntesis empleando hidrógeno verde u otros gases renovables.

Economía circular

Tal y como se ha señalado con anterioridad, la industria puede reducir de forma notable el uso de materias primas, materiales y energía si se aplica efectivamente una política de economía circular.

Se debe prestar una atención especial a alcanzar niveles elevados de reciclaje de aquellos materiales utilizados en las tecnologías de descarbonización (como el cobalto y las tierras raras), pero también de materiales más comunes en la fabricación y en la construcción en España.

Industria sostenible

En el sector industrial, las líneas de investigación a corto plazo están relacionadas con la eficiencia energética. Otra área de investigación son las posibles alternativas a los procesos de fabricación industrial presentes hoy en día. La producción descarbonizada de determinados materiales será fundamental, especialmente en los procesos en los que se requiere calor de media y alta temperatura.

La captura, el almacenamiento y el uso de carbono también tendrán un papel importante en la descarbonización de los sectores para los que no sea factible la modificación del proceso productivo.

Una última línea de investigación puede ser la utilización de nuevos materiales con menores impactos climáticos que los que se emplean hoy en día. Este aspecto, junto con la economía circular, puede ayudar enormemente a descarbonizar este sector.

Movilidad sostenible

La importancia del cambio del combustible en el sector del transporte es elevada. Por lo tanto, el éxito de la reducción de emisiones en este sector depende de la correcta implementación de las políticas encaminadas al impulso del vehículo eléctrico junto con otros combustibles alternativos que proporcionen movilidad de cero emisiones.

En el caso del vehículo eléctrico, en la actualidad existen multitud de vehículos comerciales que se mueven con electricidad. Pero su uso en el desplazamiento de una mayor masa requiere todavía tecnologías nuevas que dependen de la investigación.

Por otro lado, los transportes por carretera más pesados, así como la navegación y la aviación, presentan los mayores desafíos para evolucionar hacia una situación poco o nada contaminante. Es en estos sectores donde se debe centrar la investigación.

También son relevantes las iniciativas de investigación encaminadas a un nuevo uso de la movilidad, asociadas a la implementación de nuevos modelos de negocio, o los cambios de comportamiento.

Innovación en el sector agropecuario

La investigación e innovación en bioeconomía, agricultura y bosques está llamada asimismo a desempeñar un papel relevante. En especial, aquellos modelos de **producción capaces de minimizar las emisiones de metano y los que contribuyen a fijar una cantidad mayor de carbono en el suelo**, incrementando las emisiones negativas. Será relevante también la investigación en gestión de biorresiduos, ganadería vacuna, producción de fertilizantes o quema de restos agrícolas.

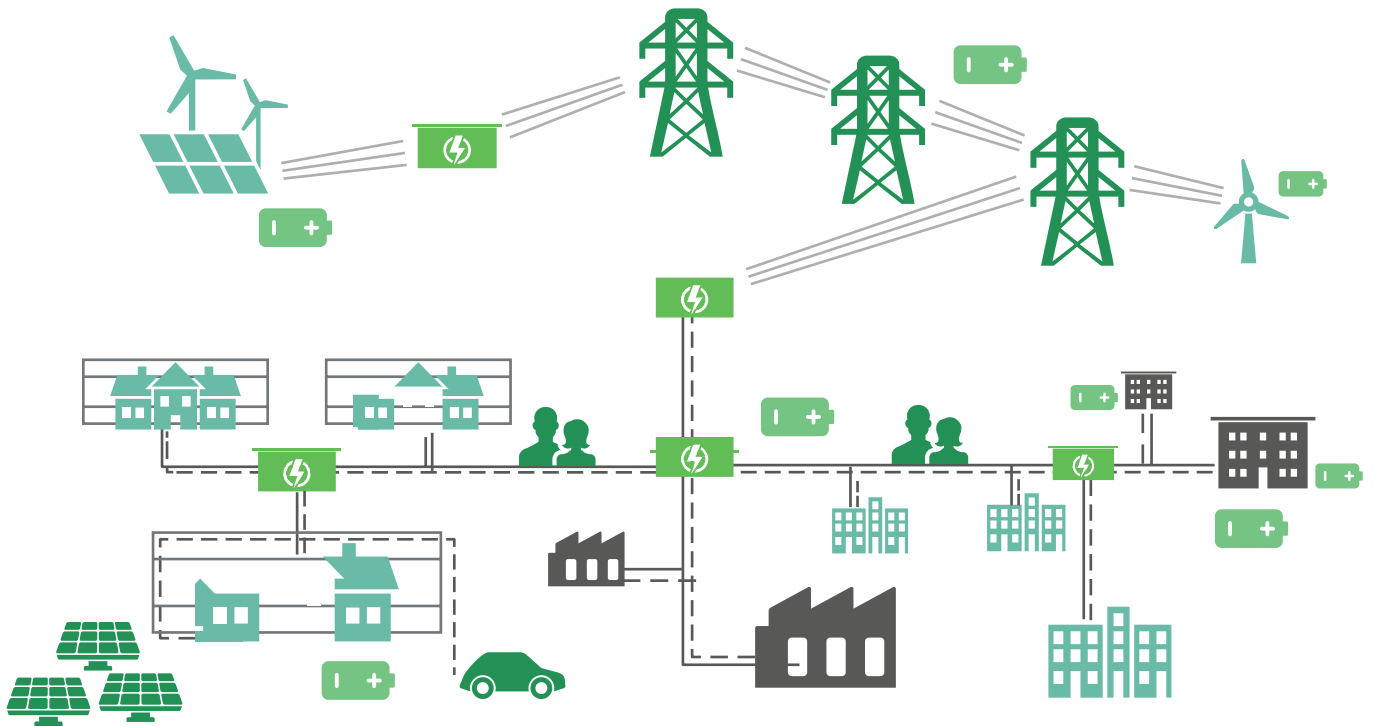
Estas diferentes líneas de investigación y desarrollo conectan con los usos del suelo. Por ello, resulta conveniente mantener una **visión de conjunto del territorio y de los ecosistemas para evitar soluciones que mejoren un aspecto a costa de empeorar la situación en otro**. La gestión integral del territorio ha de velar por la preservación de los servicios esenciales de los ecosistemas entre los que la captura de carbono de la atmósfera es uno de los más importantes.

7.7 DIGITALIZACIÓN, ALMACENAMIENTO, GESTIÓN DE LA DEMANDA Y NUEVAS FORMAS DE OPERACIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS

La transformación digital es, junto con la transición energética, uno de los principales retos a los que nos enfrentamos como sociedad. Existen, además, numerosas sinergias entre ambas dinámicas de cambio: el desarrollo e implantación de la tecnología digital está incidiendo en el conjunto de la economía y, en particular en el sector energético, afectando y transformando la definición del modelo actual de mercado.

La gestión de la demanda, la gestión de las redes y los nuevos esquemas de operación, así como el almacenamiento y el autoconsumo, definirán unos cambios significativos en el sector eléctrico en el largo plazo. La siguiente figura plantea dónde podrían ubicarse las distintas soluciones de almacenamiento: en las redes, las plantas de generación, las comunidades energéticas locales y los hogares.

FIGURA 7.2 Almacenamiento, redes y hogares



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020

FACTORES TRANSVERSALES EN LA NEUTRALIDAD CLIMÁTICA

Respecto a la digitalización, cabe señalar las siguientes modificaciones, que se experimentarán por el lado de la demanda:

- ▶ La comercialización que, a través del *Big Data*, la inteligencia artificial y el desarrollo de algoritmos transformarán los hogares en centros inteligentes, permitiendo al consumidor tomar decisiones sobre su consumo de manera casi instantánea.
- ▶ El transporte y la movilidad por el uso del vehículo autónomo y el eléctrico supondrán importantes mejoras de eficiencia con implicaciones relevantes para la generación eléctrica.
- ▶ El sector industrial podrá conseguir importantes ahorros a través de una monitorización exhaustiva, una mayor seguridad y un mejor control de sus procesos productivos.
- ▶ La edificación, podrá lograr una optimización del consumo energético mediante el uso de la información en tiempo real.

Por el lado de la oferta, la creciente participación de la generación de origen renovable no gestionable impone nuevos retos a la gestión de la producción y su integración en el sistema. A ello se suma una generación cada vez más descentralizada, la disponibilidad de almacenamiento, así como una demanda más inteligente, lo que precisa un modelo más sofisticado con nuevos instrumentos que aumenten la flexibilidad del sistema.

La transformación digital es, junto con la transición energética, uno de los principales retos a los que nos enfrentamos como sociedad. La implantación de la tecnología digital está incidiendo en el conjunto de la economía y, en particular en el sector energético, afectando y transformando la definición del modelo actual de mercado.

En definitiva, se trata de situar a la ciudadanía en el centro mediante la digitalización. El empleo de las nuevas tecnologías facilitará más autonomía a los ciudadanos en la manera que utilizan y gestionan la energía.

Finalmente, la Agencia Internacional de la Energía ha planteado una serie de propuestas dirigidas a los organismos reguladores y políticos para favorecer el avance eficiente hacia la digitalización. Entre sus recomendaciones están:

- ▶ Establecer un marco regulatorio que garantice las plataformas tecnológicamente neutras para la energía digital, permitiendo la competencia entre los agentes, y el desarrollo de nuevos modelos de negocio.
- ▶ Asegurar el acceso a la información tanto para el sector privado como para el sector público garantizando la privacidad del consumidor.
- ▶ Fomentar el desarrollo de proyectos conjuntos entre empresas y el regulador enfocados al desarrollo de las redes inteligentes, respuesta a la demanda e identificación de nuevos modelos de negocio.

7.8 IMPLICACIÓN DEL SECTOR FINANCIERO

El Acuerdo de París reconoce la relevancia del sistema financiero para canalizar los recursos que permitan transformar la economía hacia un modelo de neutralidad climática. Desde su entrada en vigor, la conciencia de los retos y las oportunidades asociadas al cambio climático han crecido en importancia en las agendas de los organismos financieros internacionales.

En 2017, la Comisión Europea lanzó su estrategia de “finanzas sostenibles” con el objetivo de incluir al sistema financiero en el cumplimiento de la agenda relativa al clima y el desarrollo sostenible. Según la Comisión Europea, se necesitan 180.000 millones de euros de inversiones adicionales al año para lograr los objetivos de la UE sobre clima y energía para 2030. Por otro lado, la UE asigna en la actualidad el 25% de su presupuesto a acciones relacionadas con el cambio climático.

El Banco Europeo de Inversiones dejará de financiar proyectos ligados a los combustibles fósiles a partir de 2021. Adicionalmente, prevé invertir en iniciativas de acción climática y sostenibilidad un billón de euros en total entre 2021 y 2030.

En el ámbito europeo, InvestEU y el Plan de Inversiones del Pacto Verde Europeo contribuirán a desbloquear inversión privada cuando sea necesario. El Banco Europeo de Inversiones y los bancos e instituciones nacionales de fomento deberán asimismo desempeñar un papel importante. La seguridad que ofrece la Ley del Clima será también importante en el ámbito europeo¹⁵.

En este sentido, el Banco Europeo de Inversiones dejará de financiar proyectos ligados a los combustibles fósiles a partir de 2021. Adicionalmente, prevé invertir en iniciativas de acción climática y sostenibilidad un billón de euros en total entre 2021 y 2030. Todas estas acciones, anunciadas por la institución a finales de 2019, la alinean con el cumplimiento de los objetivos del Acuerdo de París.

Otro ámbito importante es el de los **bonos verdes**. El objetivo es que el volumen de títulos negociados en estos mercados alcance una masa crítica y que puedan ser catalogados de un modo consistente. Para lograrlo son fundamentales las iniciativas desarrolladas por la Comisión Europea, como la taxonomía de los productos financieros, que establece un “lenguaje” común para los emisores de deuda y los inversores potenciales.

¹⁵ Comentarios incluidos en la comunicación de la Comisión Europea: “Un nuevo modelo de industria para Europa” del 10 de marzo de 2020. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0102&from=EN#footnote9>

7.9 LA ELP Y LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Durante la cumbre de Nueva York de Naciones Unidas de septiembre de 2015 los líderes adoptaron de manera unánime una nueva estrategia para el desarrollo sostenible, la llamada **Agenda 2030**. Esta Agenda incluye un conjunto de objetivos a alcanzar en el año 2030 en favor de las personas, el planeta y la prosperidad, instando a los estados nacionales a integrar de manera urgente el desarrollo sostenible en sus planes de desarrollo.

En la Figura 7.3 se pueden ver las sinergias entre la ELP y los ODS. La longitud de la barra indica el grado de conexión entre la ELP y los ODS: a mayor longitud, mayor relación. La intensidad del color indica si las sinergias son muy altas (el más oscuro), altas (la intensidad media) o medias (el color más claro).

FIGURA 7.3 La ELP y los Objetivos de Desarrollo Sostenible



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020

El cumplimiento por parte de los firmantes del Acuerdo de París facilitará, a su vez, el cumplimiento del “ODS 13. Acción por el Clima” y el de otros ODS, ya que conseguir limitar los incrementos de temperatura en los límites establecidos supone reducir de forma urgente las emisiones, lo que contribuirá al avance hacia otras metas como la mejora de la salud de las personas, la creación de empleo digno, la producción y el consumo responsable o la conservación del entorno y la biodiversidad.

Se exponen a continuación las relaciones de esta estrategia con los ODS incluidos en la figura anterior:

- ▶ **ODS 3. Salud y Bienestar.** La implementación de esta Estrategia tiene asociados importantes cobeneficios para la salud de las personas. La descarbonización de la economía supondrá una importante reducción en la emisión de contaminantes atmosféricos que en la actualidad provocan daños sobre la salud de las personas. Además, los cambios en estilos de vida hacia otros más sostenibles también contribuirán a mejorar el bienestar y la salud de las personas.
- ▶ **ODS 5. Igualdad de género.** La presente estrategia tiene considerado como un aspecto transversal de importancia la igualdad de género.
- ▶ **ODS 7. Energía asequible y no contaminante.** La sustitución progresiva de los combustibles fósiles por tecnologías renovables reduce las emisiones contaminantes, así como los costes asociados a los combustibles fósiles importados. Además, una mayor introducción de renovables en el sistema energético, junto con otras actuaciones recogidas en esta Estrategia como las asociadas al fomento del ahorro y la eficiencia energética, contribuirá a facilitar el acceso a servicios energéticos asequibles fiables y modernos. Adicionalmente, esta estrategia tendrá presente la erradicación de la pobreza energética, como continuación del PNIEC y de la ENPE.
- ▶ **ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico.** Los objetivos de la ELP llevan implícito un impacto macroeconómico positivo, en términos de creación de empleo y de crecimiento económico bajo en carbono, que incluye una mejora de la redistribución de ingresos que contribuye a la equidad.
- ▶ **ODS 9. Industria, Innovación e Infraestructura.** Implementar la ELP supone una oportunidad para la modernización y la mejora en la cadena de valor industrial. Ayudando a promover una industrialización inclusiva y sostenible y aumentar la contribución de la industria al empleo y al producto interno bruto. Adicionalmente, la Estrategia 2050 va a tener un efecto positivo sobre la innovación.

Conseguir limitar los incrementos de temperatura en los límites establecidos supone reducir de forma urgente las emisiones, lo que contribuirá al avance hacia otras metas como la mejora de la salud de las personas, la creación de empleo digno, la producción y el consumo responsable o la conservación del entorno y la biodiversidad.

- ▶ **ODS 10: Reducir la desigualdad en y entre los países.** La aplicación de las estrategias contenidas en este documento dirige a la sociedad hacia un entorno con menores desigualdades. Lucha por un lado contra la pobreza energética, mediante eficiencia energética y energías renovables se reducen las necesidades de energía y esta se hace más asequible y resiliente frente al cambio climático. Y, por otro lado, al aplicar la ELP se reduce el riesgo de sucesos extremos causados por el cambio climático mediante políticas de mitigación y de adaptación, que suelen afectar más a las clases más desfavorecidas.

FACTORES TRANSVERSALES EN LA NEUTRALIDAD CLIMÁTICA

- ▶ **ODS 11. Ciudades y Comunidades Sostenibles.** Las ciudades, a pesar de representar solamente el 3% de la superficie del planeta, consumen cerca del 70% de la demanda mundial de energía primaria y, en Europa, concentran en torno al 70% de los ciudadanos. La ELP implica la transformación de ciudades y comunidades en espacios más seguros, eficientes y sostenibles. Los entornos urbanos se irán transformando para adaptarse al cambio climático, debido al mayor uso previsto de transporte público, la generación distribuida de la energía o el impulso de medidas de adaptación.
- ▶ **ODS 13. Acción por el Clima.** El cumplimiento de este objetivo es intrínseco al desarrollo de esta estrategia y al cumplimiento del Acuerdo de París.
- ▶ **ODS 15. Ecosistemas terrestres.** Ecosistemas terrestres. En particular los bosques, como sumideros de carbono, serán una pieza clave para garantizar los objetivos establecidos. La Estrategia pone de manifiesto la necesidad de fomentar la absorción de carbono mediante sumideros naturales, lo que contribuirá a fortalecer la vida de los ecosistemas terrestres, mejorando la capacidad de adaptación al cambio climático. Además, tiene múltiples sinergias con la recuperación y restauración de los ecosistemas y, por lo tanto, de su biodiversidad.

En definitiva, la descarbonización de la economía implica una transformación de todos los sectores de la sociedad, pero también precisa un cambio del papel de la ciudadanía. Esta transformación implica oportunidades para alcanzar los ODS, esto es, para conseguir un modelo de vida sostenible que no solo logre limitar los incrementos de temperatura y otros efectos del cambio climático, sino que reduzca las desigualdades sociales y mejore la calidad de vida de las personas.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Principales magnitudes de la Estrategia

Figura 1.2. La Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo

Figura 2.1. Las oportunidades de la neutralidad climática por la aplicación del ELP

Figura 2.2. Impactos de la aplicación de la ELP

Figura 3.1. Escenarios analizados en el PNIEC y en la Estrategia a Largo Plazo

Figura 3.2. Evolución prevista de las emisiones GEI por sector desde 1990 hasta 2050 en el Escenario de Neutralidad Climática

Figura 3.3. Consumo de energía primaria en el Escenario ELP (incluye usos no energéticos)

Figura 3.4. Consumo final de energía en el Escenario ELP (excluye los usos no energéticos)

Figura 3.5. Evolución estimada de la dependencia energética

Figura 3.6. Porcentaje de energía renovable respecto al consumo final de energía

Figura 3.7. Energías renovables

Figura 4.1. Oportunidades de mejora de los sumideros de carbono

Figura 5.1. Impacto potencial del cambio climático en Europa

Figura 5.2. Líneas de trabajo sectoriales para la adaptación al cambio climático

Figura 5.3. Detalle de las medidas incluidas en las distintas líneas de trabajo sectoriales para la adaptación al cambio climático

Figura 6.1. Sector eléctrico

Figura 6.2. Movilidad sostenible y transporte

Figura 6.3. Edificación sostenible

Figura 6.4. Tecnologías disponibles para la descarbonización en edificación

Figura 6.5. Oportunidades industriales asociadas con la descarbonización

Figura 6.6. Industria sostenible y competitiva

Figura 6.7. Agropecuario, residuos y gases fluorados

Figura 7.1. Factores transversales

Figura 7.2. Almacenamiento, redes y hogares

Figura 7.3. la ELP y los Objetivos de Desarrollo Sostenible

ESTRATEGIA A LARGO PLAZO PARA UNA ECONOMÍA ESPAÑOLA MODERNA, COMPETITIVA Y CLIMÁTICAMENTE NEUTRA EN 2050.

La Estrategia que recoge este documento se ha desarrollado de acuerdo a las directrices del *Reglamento (UE) 2018/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo del 11 de diciembre de 2018 sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima*, en el que se establece la necesidad de elaboración de estrategias a largo plazo por parte de los Estados Miembros, con una perspectiva de, al menos, 30 años. La Unión Europea, como tal, presentará a las Naciones Unidas su propia estrategia a largo plazo a lo largo del año 2020, sobre la base de las propuestas nacionales.

Madrid mayo 2020

NIPO: Documento provisional pendiente de NIPO

Este documento forma parte de una serie de 4 documentos que recogen el Marco Estratégico de Energía y Clima: una oportunidad para la modernización de la economía española y la creación de empleo.

Vicepresidencia Cuarta del Gobierno de España

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

Autor: MITECO

Edita: MITECO

Revisión de edición: IDAE

Diseño y Maquetación: BABYDOG arte y comunicación, S.L.

Diseño de infografías: Izertis

Imagen de portada: Parque Nacional de la Caldera de Taburiente / OAPN - Javier Martínez



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
CUARTA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

MARCO ESTRATÉGICO DE ENERGÍA Y CLIMA