



---

# ENERGÍA NUCLEAR Y TRANSICIÓN A LA INDEPENDENCIA ENERGÉTICA EN ESPAÑA CON CERO EMISIONES

---

TRABAJO FIN DE GRADO CIENCIAS AMBIENTALES



11 DE MAYO DE 2023

IVÁN HEREDERO SOSA  
JUAN JOSÉ NOGUEIRA PÉREZ  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

# *Agradecimientos*

A mis padres por hacer todo más fácil y en gran medida posible.

A mis familiares.

A mis amigos.

A todas las personas del gimnasio por entender, sin saber realmente.

A todas las personas que me han ayudado en estos 4 años directa e indirectamente.

A todas esas personas que fueron fundamentales y que ya no están en mi vida.

A mis referentes por guiarme y motivarme en este camino.

Y sobre todo a mí, por nunca perder la confianza y la fe por muy difíciles que estuvieran las cosas y seguir hacia delante.

# ÍNDICE

- **Resumen y palabras clave.**
- **Introducción:**.....1-2
  - Objetivo.....1
  - Justificación.....1
  - Metodología.....2
- **Desarrollo:**.....2-25
  - 1. Revolución industrial, efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático.....2-4
  - 2. El átomo y la energía nuclear.....4-5
  - 3. Centrales nucleares:.....6-9
    - 3.1. Historia de las centrales nucleares.....6
    - 3.2. Partes y procesos de las centrales nucleares.....6-7
    - 3.3 El combustible nuclear en el núcleo del reactor.....7-8
    - 3.4. Energía generada por el uranio.....8
    - 3.5 Residuos nucleares en la actualidad.....8-9
  - 4. Centrales nucleares en España y en el resto del mundo:.....9-11
    - 4.1. Centrales nucleares en España.....9-10
    - 4.2. Energía de las centrales nucleares en España y consecuencias de su abandono.....10
    - 4.3. Apuesta por la energía nuclear en otros países.....11
  - 5. Necesidades energéticas de España como generación de energía y emisión de gases de efecto invernadero:.....11-13
    - 5.1. Consumo energético de España y fuentes de generación energética.....11-12
    - 5.2. Emisión de gases de efecto invernadero de España y en la producción energética.....12-13
  - 6. Gases de efecto invernadero en España y acuerdo de París e importación energética:.....13-14
  - 7. Energías renovables actualmente en España: necesidad de sinergia nuclear-renovables para el abastecimiento sostenible.....14-15
  - 8. Necesidad y posibilidad de autosuficiencia energética.....16-17
  - 9. Plan de acción energético de España rumbo a 2050:.....17-25
    - 9.1. Rumbo energético actual de España.....17
    - 9.2. Necesidad de un cambio de mentalidad.....18
    - 9.3. Explicación del plan de acción:.....18-25
      - 9.3.1. Primera fase: comienzo de las actuaciones para la descarbonización de la producción e independencia energética en 2035.....18-21
      - 9.3.2. Segunda fase: 2035, inversión energética para un futuro sostenible y exportador hacia 2050.....22-23

- 9.3.3. Energía generada y gases de efecto invernadero emitidos en las fases del plan de acción.....	23-25
* 9.3.3.1. En la actualidad.....	23
* 9.3.3.2. En la primera fase del plan.....	24
* 9.3.3.3. En la segunda fase del plan.....	24
* 9.3.3.4. Lucha contra el cambio climático a mayor escala..	25
• 10. Beneficios socioeconómicos de ser un país exportador de energía desde el autoabastecimiento.....	25
▪ <b>Conclusión y discusión.....</b>	26
▪ <b>Bibliografía.....</b>	27-30

## ■ **RESUMEN Y PALABRAS CLAVE**

---

El actual escenario de crisis climática e inseguridad energética en el que se encuentra, no solo España, sino la totalidad del planeta hace necesario un plan para desarrollar un sistema energético sin emisiones de gases de efecto invernadero. Dicho plan deberá servir para luchar contra el cambio climático en el que nos encontramos, además de ser capaz de abastecer las necesidades energéticas crecientes del país.

La base del Plan de Acción de España para un futuro energéticamente sostenible y el autoabastecimiento pasa inevitablemente por el uso y aprovechamiento de las centrales nucleares que actualmente tiene España, además del desarrollo y fomento de las energías renovables y la construcción de nuevas centrales futuras. Actualmente, España se encuentra lejos de cumplir los requerimientos de reducción de emisiones firmados en el Acuerdo de París (2015), además de importar una buena parte de energía que usa y que, en el contexto de crisis económica actual, es bastante perjudicial para el país.

La solución que se plantea y detalla en el Plan de Acción, creado por el autor de este documento, para abordar dichos problemas climáticos y socioeconómicos se basa en el desarrollo de un sector de producción energético enfocado a la acción conjunta de la energía nuclear y las renovables (consideradas energías verdes por la UE). Esta sinergia podría hacer alcanzar los requerimientos del Acuerdo de París, consiguiendo la descarbonización total de la producción energética mediante el uso de energías verdes, sin emisiones de gases de efecto invernadero. Así, se podría conseguir el cierre total y definitivo de las centrales térmicas, altamente contaminantes, progresivamente hasta 2035. Además, el plan también permitiría lograr para ese año 2035 el abastecimiento energético total mediante energías verdes.

En el Plan de Acción también se plasma la posibilidad de, además de ser energéticamente sostenibles y autosuficientes mediante energías verdes, lograr un futuro en el que España pueda ser un país exportador de energía cerca de 2045. Así, se podría luchar contra el cambio climático en una escala aun mayor globalmente, además de lograr un impulso económico que ayudaría al desarrollo sostenible del país en muchos sectores. Del mismo modo, el éxito del plan podría proporcionar una mayor calidad de vida tanto ambiental como económicamente a la sociedad española.

## SUMMARY

The current scenario of climate crisis and energy insecurity in which not only Spain, but the entire planet finds itself, requires a plan to develop an energy system without greenhouse gas emissions. That plan should serve to fight against the current climate change, in addition to being capable of supplying the growing energy needs of the country.

The basis of Spain's Action Plan for a sustainable energy future and self-sufficiency inevitably involves the use and exploitation of the nuclear power plants that Spain currently has, as well as the development and promotion of renewable energies and the construction of future new power plants. Currently, Spain is far from meeting the emission reduction requirements signed in the Paris Agreement (2015), in addition to importing a good part of the energy it uses which, in the context of the current economic crisis, is quite detrimental to the country.

The solution that is proposed and detailed in the Action Plan, created by the author of this document, to address these climatic and socioeconomic problems is based on the development of an energy production sector focused on the joint action of nuclear energy and renewables (considered green energy by the EU). This synergy could help to go towards the requirements of the Paris Agreement, achieving the total decarbonization of energy production through the use of green energy, without greenhouse gas emissions. Thus, the total and definitive closure of the highly polluting thermal power plants could be achieved progressively by 2035. In addition, the total energy supply through green energies could also be achieved by 2035.

The Action Plan also offers the possibility of being energetically sustainable and self-sufficient through green energies, achieving a future in which Spain can be an energy exporting country around 2045. Thus, it could fight against climate change on an even larger scale globally, in addition to arrive an economic boost that would help the sustainable development of the country in many sectors. In the same way, the plan could also provide a better quality of life both environmentally and economically to Spanish society.

**Palabras clave:** Energía nuclear, energías renovables, gases de efecto invernadero (GEIs), producción energética, sostenibilidad.

# ■ **INTRODUCCIÓN**

---

- **OBJETIVO.**

El objetivo de este documento es dar a conocer un Plan de Acción que España, como país actualmente en crisis y dependiente energéticamente de otros países, podría seguir para lograr en las próximas décadas una transición energética hacia las energías verdes, generando las menores emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs). Buscando así cumplir con creces en el Acuerdo de París (2015) y los próximos acuerdos ambientales más estrictos.

Este plan de acción se basa en la sinérgica actuación de la energía nuclear con las renovables, desarrollándose ambas a la par para que, en un plazo de 25 a 30 años, se logre una evolución hacia una España no contaminante en el sector energético. Además de conseguir la independencia energética de otros países que, como ocurre actualmente, es un gran problema por los conflictos internacionales como los ocurridos en Rusia, consiguiendo así no solo evitar generar gases de efecto invernadero directamente, sino también evitar la importación de energía generada de forma contaminante.

Pero no solo se centra en el ámbito ambiental, sino que este Plan de Acción tiene como objetivo paralelo un impulso a la economía española, siendo el país dueño de su propia energía sin necesidad de comprarla. Finalmente, y como último punto del plan de acción, se describe un desarrollo del país en el ámbito de generación energética para hacer de España una nación exportadora de energía generada sin contaminación atmosférica. No solo aportando notablemente para frenar el cambio climático y ser un ejemplo de país ambientalmente sostenible, sino también obteniendo un impulso económico sin precedentes por la exportación de energía.

- **JUSTIFICACIÓN.**

Los objetivos que el Plan de Acción trata de conseguir en España se encuentran en un contexto actual de imperiosa necesidad de frenar el cambio climático cuanto antes. Teniendo la necesidad de cumplir el Acuerdo de París para evitar la catástrofe climática que se acerca. Además, en un mundo en el que los conflictos son más recurrentes y afectan más al país, como la guerra de Ucrania y los cortes de suministros derivados, España tiene la oportunidad de convertirse en un país autosuficiente exportando su potencial energético nuclear y renovable. Pero sin olvidar el ámbito económico, totalmente ligado a las energías y transición energética, en el que España está actualmente sumida en una crisis y es dependiente energéticamente de otros países y que, en un hipotético futuro energéticamente independiente, se vería muy reforzada económicamente. Más aún si consiguiese ser un país exportador de energía generada de una manera sostenible, lo que además ayudaría a la lucha contra el cambio climático en una mayor escala.

- **METODOLOGÍA.**

La metodología que ha seguido este proyecto consiste en una revisión bibliográfica en diversas bases de datos, así como libros y revistas científicas, para obtener la información necesaria para llevar a cabo el desarrollo del plan para alcanzar los objetivos que busca este trabajo bibliográfico. La información ha sido utilizada para que, con un razonamiento lógico orientado a la cuestión principal sobre la que gira el trabajo, el autor pueda hacer un desarrollo detallado, contextualizado y cronológicamente ordenado del Plan de Acción que se explica en el documento.

## ■ **DESARROLLO**

---

### • **1. REVOLUCIÓN INDUSTRIAL, EFECTO INVERNADERO, CALENTAMIENTO GLOBAL Y CAMBIO CLIMÁTICO.**

---

La revolución industrial surgida a finales del siglo XVIII dio comienzo a un calentamiento global debido al aumento de la concentración de GEIs en la atmósfera debido a la industrialización y el aumento de emisiones derivada (Figura 1). A partir de este suceso comenzó a incrementar la temperatura en todo el planeta, dando lugar en medio siglo más tarde al comienzo del cambio climático, el cual ha ido creciendo hasta la actualidad (Miranda Ruiz, A., 2017).

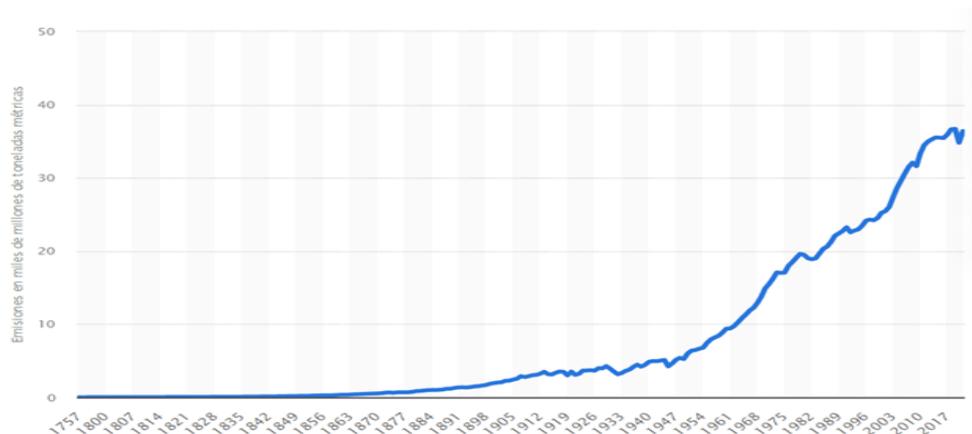


Fig. 1: Emisiones globales históricas de CO<sub>2</sub> procedentes de la actividad industrial y los combustibles fósiles de 1757 a 2021.

<https://cutt.ly/02m1YTY>

Algunos gases emitidos por actividades humanas son considerados GEIs por su capacidad absorbente de radiación infrarroja, lo que implica que dicha radiación procedente del Sol, una vez llegue a la superficie terrestre, en vez de escapar al espacio sea absorbida y remitida por los GEIs a la corteza terrestre, lo que produce un incremento de la temperatura del planeta, el llamado efecto invernadero (Benavides Ballesteros, M.O. y León Aristizabal, G.Z., 2007).

Pero se debe hacer una distinción entre el efecto invernadero y el calentamiento global. El efecto invernadero es un proceso natural del planeta y es necesario para que la Tierra tenga una temperatura apta para la vida. Sin este fenómeno, la temperatura media del planeta sería de -18 °C (Benavides Ballesteros, M.O. y León

Aristizabal, G.Z., 2007). Pero cuando aumentamos considerablemente los GEIs en la atmósfera se potencia en exceso el efecto invernadero, haciendo que una mayor cantidad de radiación sea remitida a la superficie terrestre (Figura 2). Así, provocando un sobrecalentamiento del planeta, lo cual produce los efectos

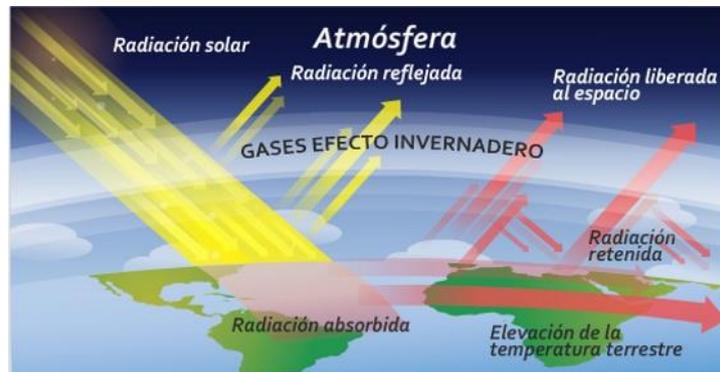


Fig. 2: Reemisión de la radiación solar hacia la superficie terrestre por efecto de los gases de efecto invernadero, provocando el calentamiento global.

<https://fisicablognacho.weebly.com/el-efecto-invernadero-y-el-calentamiento-global.html>

devastadores del cambio climático para la humanidad y muchas especies coexistentes en la tierra (Caballero, M., Lozano, S. y Ortega, B., 2007).

Como podemos observar en la Figura 3, el aumento de la temperatura media del planeta tiene una relación directa y está ligado a un aumento de los GEIs en la atmósfera terrestre desde la revolución industrial hasta la actualidad. Lo que indica que si se siguen aumentando la concentración de GEIs en la atmósfera la temperatura media seguirá ascendiendo y agravando las consecuencias del cambio climático.

Este aumento de la temperatura media del planeta tiene como consecuencia el cambio

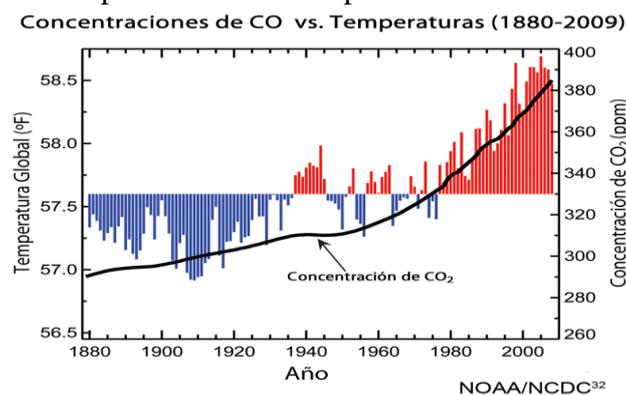


Fig. 3: Aumento de gases de efecto invernadero relacionado con el aumento de la temperatura media global del planeta 1880-2009).

<http://sergioalex12.blogspot.com/2014/04/estudios-y-evidencias-del-calentamiento.html>

climático, un fenómeno que se ha repetido varias veces en la historia de nuestro planeta, pero el actual está siendo forzado y acelerado por la actividad humana, lo que conllevará graves consecuencias para las especies que lo habitan, humanos incluidos (López Vera, F., 1998). Algunas consecuencias que actualmente estamos viendo son el aumento de fenómenos climáticos extremos como inundaciones, sequías, olas de calor y de frío, pérdida de suelo fértil o desaparición de grandes masas

de hielo, la extinción de especies (150 especies al día [Ecologistas en Acción, 2007])(Acciona, s.f.). Así como la contaminación del aire y agua, el aumento de transmisión de enfermedades que se creían erradicadas en países desarrollados como la malaria o el dengue, además de grandes movimientos migratorios y agotamiento de algunos recursos naturales, siendo en un futuro cercano estas consecuencias agravadas (Ayuda en Acción, 2019).

Una de las soluciones al calentamiento global es el uso de energías no productoras de GEIs. Una de ellas es la nuclear, una fuente de energía procedente de los núcleos atómicos que puede ser usada en la transición energética.

## • 2. EL ÁTOMO Y LA ENERGÍA NUCLEAR.

---

El átomo es la unidad más básica de la materia, todo está compuesto de átomos, los cuales se agrupan en moléculas para construir todos los materiales que existen (Geoenciclopedia, s.f.).

Los átomos están formados por 3 partículas subatómicas: los neutrones, los protones y los electrones. Los neutrones (sin carga) y los protones (con carga positiva) se encuentran conformando el núcleo del átomo, mientras que los electrones (con carga negativa) orbitan en torno a este.

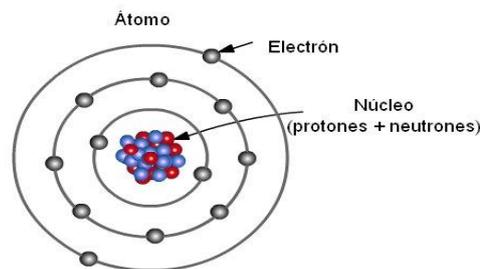


Fig. 4: Representación del átomo y sus partes mediante el modelo atómico de Bohr.  
<http://fisicoquimicaterceroiem.blogspot.com/2012/03/estructura-del-atomo.html>

El número másico de un átomo es la suma de protones y neutrones en el núcleo, lo que determina el tamaño del núcleo y en gran medida del átomo (Jara Montecinos, M., 2020), un factor de gran importancia en la obtención de energía nuclear.

Hay dos formas de obtener energía del núcleo atómico la fusión y la fisión nuclear.

Por un lado, la fusión nuclear es la más difícil de lograr, pues consiste en la unión de 2 núcleos atómicos más ligeros que el átomo resultante para la formación de 1 núcleo más masivo, para lo que es necesario vencer las fuerzas de repulsión electrostática y llegar a distancias en las que la interacción nuclear sea fuerte y venza a las fuerzas electrostáticas de repulsión. Pero también es más segura y la que mayores cantidades de energía produce siendo la forma en la que las estrellas generan energía (Vitorno Monjaras, J.C., 2015).

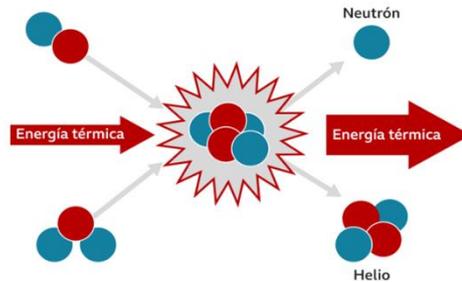


Fig. 5: Representación gráfica del proceso de fusión nuclear.

<https://www.bbc.com/mundo/noticias-63963737>

Por otro lado, la fisión nuclear es la forma más usada para la obtención de energía de los núcleos atómicos. Consiste en romper los núcleos pesados (de átomos con un gran número másico) en núcleos más ligeros liberando parte de la energía que contienen (Valera, L.M., 2018). Esta ruptura de núcleos pesados se lleva a cabo mediante la irradiación de neutrones a dichos núcleos los cuales se introducen en los núcleos atómicos y provocan su ruptura por romper el equilibrio de neutrones de los núcleos pesados, es decir, los hacen más inestables (López Salinas, J.L., 2017).

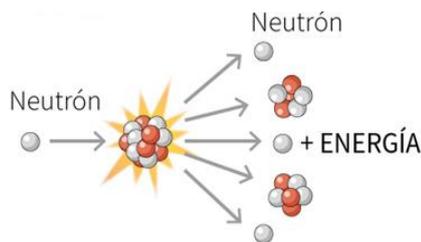


Fig. 6: Representación gráfica del proceso de fisión nuclear.

<https://www.barrons.com/news/spanish/fusion-y-fision-nuclear-01670948409>

El combustible nuclear más utilizado en los procesos de fisión nuclear son el Uranio-235, el Uranio-238 y el Plutonio-239, núcleos con un tamaño muy grande (números másicos: 235, 238 y 239 respectivamente). Además de ser núcleos fisionables y capaces de mantener la reacción nuclear en cadena, proceso por el que los neutrones liberados en la fisión de un núcleo fisionan otros núcleos del combustible nuclear, para obtener la producción energética (Universidad de Calgary, s.f.).

- **3. CENTRALES NUCLEARES.**

---

- **3.1. HISTORIA DE LAS CENTRALES NUCLEARES.**

La historia de la energía nuclear comienza varios años antes de la primera central nuclear, cuando en 1939 Hahn y Strassman irradiaron con neutrones átomos de uranio produciendo bario, suponiendo la primera reacción de fisión nuclear provocada por el ser humano. Años después, en 1942 se llevó a cabo el proyecto Manhattan en el que Fermi construyó un dispositivo llamado “pila atómica”, el cual fue el primer reactor nuclear en el que se logró una reacción en cadena autosostenida usando uranio, lo que significaba que además de que había encontrado la fórmula para construir la bomba atómica, había conseguido descubrir las bases de las futuras centrales nucleares (Calabrese, C.R., 1997).

La primera central nuclear de la historia se puso en funcionamiento en la Unión Soviética en el año 1954, generaba 5 megavatios (MW) de energía eléctrica y supuso la primera vez que un país usaba una planta nuclear para abastecerse de energía, seguida de Calder Hall, puesta en marcha en 1956 en Inglaterra, y de Shippingport en Pennsylvania, Estados Unidos, en 1957 (Curiosfera, s.f.).

Es importante destacar que la crisis del petróleo de 1973 hizo que una gran cantidad de países pensasen en la energía nuclear como una alternativa a la generación de energía con combustibles fósiles, un paralelismo que puede ser trasladado a la actualidad, siendo la energía nuclear una opción frente a otras formas más contaminantes de conseguir energía, contando con que ha sido recientemente declarada energía verde por la Unión Europea debido a su nula emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera en su producción, aunque también tiene efectos negativos como los residuos radiactivos generados por las centrales.

- **3.2. PARTES Y PROCESOS DE LAS CENTRALES NUCLEARES.**

Las centrales nucleares constan de varios componentes fundamentales para la generación de energía mediante combustible nuclear.

En primer lugar, el componente más importante de una central, el reactor, es el lugar en el que en su núcleo se encuentra el combustible enriquecido (proceso de aumentar la proporción de U-235 para su uso como combustible nuclear). Además de las barras de control para controlar la potencia del reactor y el líquido de refrigerante que rodea al combustible, conformando la parte fundamental del reactor en la que se genera el calor que será posteriormente transformado en energía eléctrica. Este calor generado por el combustible nuclear calienta el agua hasta convertirla en vapor, el cual viaja a alta temperatura y presión por un sistema de turbinas, haciendo que giren en velozmente y que el vapor pierda energía y se condense convirtiéndose en agua líquida. Las turbinas están conectadas y hacen girar un generador eléctrico que produce electricidad (Universidad de Calgary, s.f.). Finalmente, las centrales nucleares cuentan con las torres de refrigeración por donde escapa el valor de agua (no productos tóxicos ni GEIs), producido por el contacto del agua caliente del sistema de turbinas con el agua exterior más fría, produciendo vapor. Aunque hay centrales que no cuentan con torres de refrigeración debido a que eliminar el calor residual producido en la reacción

nuclear en ríos, lagos u océanos, aunque ambientalmente tienen un mayor impacto (Universidad de Calgary, s.f.).

### ○ 3.3. EL COMBUSTIBLE NUCLEAR EN EL NÚCLEO DEL REACTOR.

Como se ha mencionado anteriormente, el combustible nuclear, normalmente uranio enriquecido, se encuentra en el núcleo del reactor rodeado del líquido refrigerante y de las barras de control, las cuales tienen la función de captar neutrones para evitar que éstos fisionen más combustible nuclear del deseado, por lo que son un elemento de seguridad para que no se produzca una reacción en cadena descontrolada (Energía Nuclear, 2020).

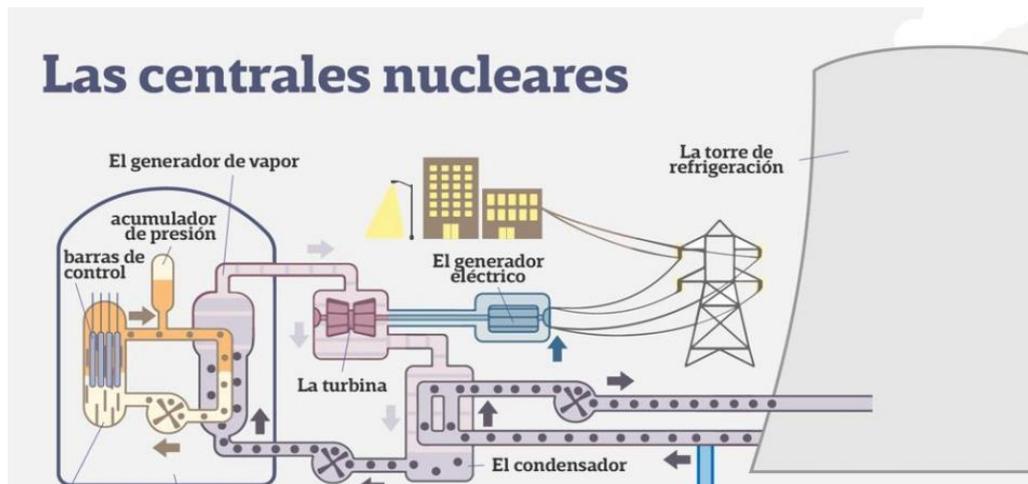


Fig. 7: Partes de una central nuclear.

<https://www.lavanguardia.com/vida/junior-report/20200604/481595147110/central-nuclear-funcionamiento.html>

Dichos átomos del combustible nuclear se encuentran en un una vasija de acero en la cual son impactados con neutrones provocando su ruptura, la fisión nuclear, formando fragmentos llamados subproductos de fisión y neutrones (2 o 3) procedentes del átomo pesado fisionado, los cuales impactarán contra otros átomos del combustible nuclear de la vasija produciendo una reacción en cadena y una gran cantidad de energía procedente de la fisión nuclear, la cual calentará el agua para el proceso de producción de electricidad.

Además, es preferible que en el interior del núcleo reactor esté presente otro elemento como el agua que reduzca la elevada energía cinética de los neutrones



Fig. 8: Interior de un reactor nuclear.

<https://espaciociencia.com/como-funciona-un-reactor-nuclear/>



Fig. 9: Barras de uranio enriquecido para uso nuclear.

<https://energia-nuclear.net/funcionamiento-central-nuclear/combustible-nuclear>

producidos en las reacciones de fisión para favorecer la reacción en cadena, es decir, que los neutrones liberados lleguen a otros átomos de uranio enriquecido (CSN, 2013).

○ **3.4. ENERGÍA GENERADA POR EL URANIO.**

La cantidad de energía que el uranio puede producir anualmente en una central nuclear de agua a presión (PWR) de 1000Mwe (Megavatios eléctricos) de potencia instalada es de  $8,5 \times 10^9$  kWh, usando al año 20.000 kg de uranio (en forma de  $UO_2$ ), por lo que cada kg de uranio es capaz de generar 425.000 kWh de potencia. Poniéndolo en perspectiva, en comparación con otros combustibles de obtención de energía, 5 g de uranio equivalen a 1 tonelada de carbón, 565 L de petróleo o 480.000 L de gas natural (ForoNuclear, s.f.), lo que nos muestra la gran diferencia de materia prima usada de la nuclear en comparación con otras fuentes.

○ **3.5. RESIDUOS NUCLEARES EN LA ACTUALIDAD.**

Los residuos nucleares son considerados el mayor problema en la generación de energía nuclear debido a la emisión de radiación peligrosa para los seres vivos hasta miles de años después de su salida de la central debiendo ser tratados cuidadosamente (SNE, s.f.).



Fig. 10: Almacenamiento de los residuos nucleares de muy baja, baja y media actividad para evitar la radiación.

<https://rinconeducativo.org/es/recursos-educativos/gestion-de-residuos-radiactivos/>

Actualmente, el tratamiento de los residuos nucleares ha mejorado considerablemente, evitando en gran medida la contaminación del medio ambiente y se dividen en muy baja, baja, media y alta actividad radiactiva. En España alrededor del 95% de los residuos son de muy baja, baja y media actividad, los cuales son almacenados de la forma más habitual, en contenedores de acero y hormigón y con barreras naturales (Figura 10) capaces de frenar la radiación de los residuos, evitando daños a los seres vivos (Foronuclear, 2020).

En la actualidad, se están desarrollando nuevos tratamientos para los residuos nucleares como la transmutación nuclear (Figura 11) (proceso en el que se introduce al núcleo atómico del residuo un protón para que vuelva a tener la estructura nuclear de combustible), capaz de convertir los elementos de mayor periodo de desintegración (los núcleos atómicos que más tiempo tardan en dejar de ser radiactivos) en otros de vida más corta. Pudiendo así recuperar el uranio y el plutonio para reutilizarlos energéticamente (SNE, s.f.), fomentando la economía circular y reduciendo la cantidad de residuos generados.

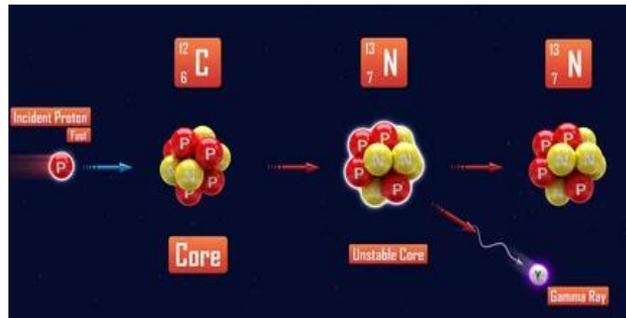


Fig. 11: Esquema de la transmutación nuclear.  
<https://onx.la/15220>

En España, en el año 2020, las centrales nucleares generaron 609 m<sup>3</sup> de residuos nucleares (Orús, A., 2020), un volumen fácilmente manejable teniendo en cuenta que es un dato del volumen generado anualmente. Además, se debe tener en consideración que las centrales nucleares españolas no son modernas, por lo que el desarrollo de nuevas tecnologías enfocadas a los residuos nucleares, como el ejemplo de la ya mencionada transmutación, permitiría reducir el volumen y años de actividad radiactiva de los residuos (SNE, s.f.), reduciendo así el mayor problema de la energía nuclear.

En conclusión, hoy en día los residuos nucleares son cada vez menos problemáticos para el medio ambiente debido a su buena gestión para evitar impactos. Además, se están llevando a cabo estudios y proyectos para reutilizar y fomentar la economía circular de los residuos nucleares, intentando reducir sus años de actividad radiactiva y la cantidad de residuos generados. Esto nos abre una ventana hacia un futuro en el que los residuos nucleares no sean un problema y sean tratados, evitando aún más los impactos ambientales.

- **4. CENTRALES NUCLEARES EN ESPAÑA Y EN EL RESTO DEL MUNDO.**

- **4.1. CENTRALES NUCLEARES EN ESPAÑA.**

En el año 1968 se puso en marcha en España la primera central nuclear que suministró energía al país, la central nuclear José Cabrera, en 1971 la central Santa María de Garoña, y en 1972 la central Vandellós I, 3 centrales de primera generación que proporcionaban 1220 MW. Ante la creciente demanda energética de España en los años 70 se decidió construir cuatro centrales nucleares más: las centrales Almaraz, Ascó, Cofrentes y Trillo, con un total de 7 reactores generando una energía total de 6500 MW, sumados a los 1220 MW de las 3 centrales

anteriores. Considerando que el reactor nuclear de la central de Vandellós I fue inhabilitado en 1989, en el año 2000 España poseía un total de 9 reactores que generaban 62.206 millones de kWh, representando el 2,4% del total de producción mundial (Espejo Marín, C.,2002).

○ **4.2. ENERGÍA DE LAS CENTRALES NUCLEARES EN ESPAÑA Y CONSECUENCIAS DE SU ABANDONO.**

En los próximos 15 años se prevé el cese de actividades de los 7 reactores nucleares en funcionamiento en España, suponiendo el abandono de las 5 centrales del país y dejando de lado la energía nuclear cómo generadora de energía eléctrica (Martos, A. y Serrato, F., 2022). Esto supondrá la eliminación del 22,6% de la electricidad generada en España y el 37% de la electricidad generada sin emisiones de carbono (Lavanguardia, 2020). Ese hueco habría inevitablemente que cubrirlo con otras fuentes de energía más contaminantes, ante la imposibilidad actual de las renovables de cubrir dicha falta de energía o verse en la necesidad de importar energía generada de manera contaminante, lo que haría de España realmente un país más emisor de carbono respecto a años anteriores.

En España las centrales nucleares tienen el mismo tipo de reactor de agua a presión



Fig. 12: Centrales nucleares en España y su situación.

<https://www.rtve.es/noticias/20170806/centrales-nucleares-espana-seis-activo-entre-29-36-anos-antiguedad/1592460.shtml>

(PWR), a excepción de la central de Cofrentes, que cuenta con un reactor de agua en ebullición (BWR), aunque no existen diferencias entre la cantidad de energía producida entre ambos, siendo los 6 reactores PWR generadores de 6306,75 MW (media de 1051,125 megavatios cada reactor) y el reactor BWR generador de 1092,02 megavatios, sumando un total de 7398,77 MW de energía eléctrica para España (MITECO, s.f.).

○ **4.3. APUESTA POR LA ENERGÍA NUCLEAR EN OTROS PAISES.**

El abandono de la energía nuclear en España contrasta enormemente con la apuesta de otros países europeos por la nuclear, por ejemplo, Francia, con 56 reactores en funcionamiento, Reino Unido con 12 y 2 más en construcción. Lo mismo pasa si nos fijamos mundialmente, las grandes potencias mundiales, ante la creciente demanda energética, también apuestan por la nuclear como en el caso de China, con 53 reactores y 16 más en construcción, Corea del Sur con 24 y 4, Rusia contando con 38 y otros 3 en construcción, Japón con 33 y otros 3 en desarrollo o Estados Unidos con 93 reactores y 2 más en construcción (datos del 2019 obtenidos de foronuclear.org). Lo que nos demuestra una clara tendencia mundial a solventar la demanda energética apostando por la energía nuclear, que además de ser altamente eficiente, no genera gases de efecto invernadero, por lo que fue considerada energía verde por la Comisión Europea en el año 2022 al ser un tipo de energía que no contribuye al cambio climático.

Pero, ante el auge de las centrales nucleares, también será necesario buscar una solución a la mayor generación de residuos radiactivos.

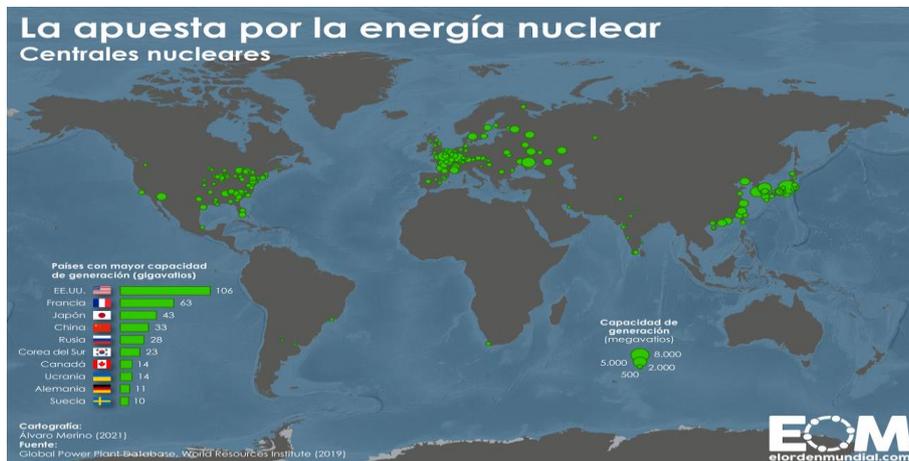


Fig. 13: Centrales nucleares en el mundo (Activas y en construcción) en 2021.

<https://elordenmundial.com/mapas-y-graficos/mapa-centrales-nucleares-mundo/>

● **5. NECESIDADES ENERGÉTICAS DE ESPAÑA Y GENERACIÓN DE ENERGÍA.**

○ **5.1. CONSUMO ENERGÉTICO DE ESPAÑA Y FUENTES DE GENERACIÓN ENERGÉTICA.**

España tiene un consumo energético anual de 256.482 GWh (Gigavatios hora) y una generación de 259.905 (Datosmacro.expansión.com, s.f.), los cuales provinieron en 2021 en un 23,3% de la eólica, 1,8% de las solar térmica, 8% de la fotovoltaica, 11,4% de la hidráulica, 10% de la cogeneración como 17,7% del ciclo combinado, 20,8% de la nuclear y 1,9% de carbón, lo que significa que la producción energética de España de fuentes no generadoras de gases de efecto

invernadero (nuclear y renovables) fue de un 68,4% y un 31,6% proveniente de fuentes que causan el efecto invernadero (datos de 2021) (Noya, C., 2022).



Fig. 14: Aumento de la generación energética sobre el total generado por España mediante fuentes de energía renovables desde 2012 a 2021.

<https://www.smartgridsinfo.es/2022/03/22/energias-renovables-continuan-marcando-records-espana-cuota-generacion-cercana-47-202>

○ **5.2. EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE ESPAÑA Y EN LA PRODUCCIÓN ENERGÉTICA:**

En 2021, las emisiones de CO<sub>2</sub> por parte de España crecieron un 9,15% (19,447 megatoneladas) respecto a 2020, alcanzando unas emisiones totales de 231,914 megatoneladas de CO<sub>2</sub> (Datosmacro.expansión.com, s.f.). De esas emisiones, 35,9 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (parámetro para medir el potencial de

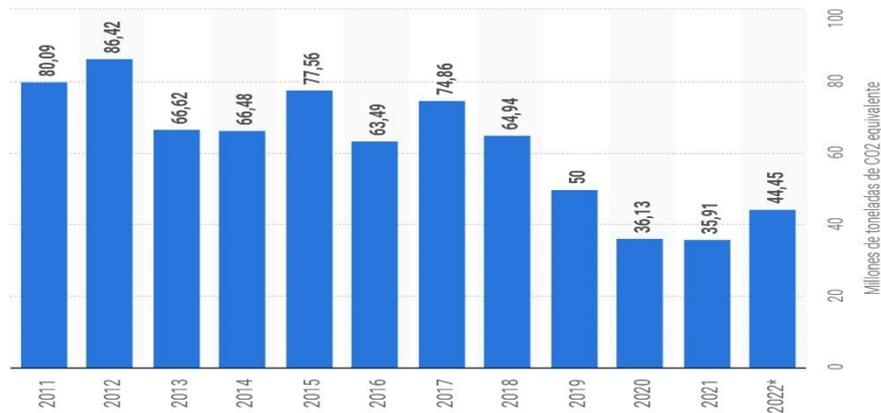


Fig. 15: Emisiones de CO<sub>2</sub> (Millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes) en la producción energética desde 2011 a 2021.

<https://es.statista.com/estadisticas/1223061/emisiones-anuales-de-co2-de-la-produccion-de-electricidad-en-espana/>

los gases de efecto invernadero bajo un mismo parámetro) provinieron de la generación de energía eléctrica del país (Statista, 2022), el 15,5%, lo que significa que España aumentó las emisiones de CO<sub>2</sub>, y que cerca de 1/6 de estas emisiones provinieron de la generación energética. Algo totalmente en contra de los objetivos marcados por el Acuerdo de París de 2015, que comprometía a los países implicados (España entre ellos) a reducir sus emisiones de GEIs y a colaborar entre ellos para adaptarse y reducir los impactos del cambio climático y aumentar sus compromisos con el tiempo (ONU, s.f.).

Aunque el gran aumento de las emisiones de 2022 respecto a 2020 se puede deber en gran medida a la pandemia del coronavirus, que paralizó a casi todos los países en 2020, reduciendo así sus emisiones en ese año y volviendo a sus niveles normales en el año 2022. España se encontraba en 2019 en un nivel de emisiones de GEIs similares al del año 2013, lo que nos indica que en 6 años el país no consiguió reducir sus emisiones, siendo insuficiente la reducción de GEIs emitidos

en 2007 (año de mayores emisiones con 375,974 Megatoneladas de CO<sub>2</sub>) hasta 2019 (año antes de la pandemia con 256,805 Megatoneladas de CO<sub>2</sub>). Si observamos la tendencia actual, en el año 2022 España volvió a situarse en niveles de emisiones similares a las de años anteriores a la pandemia. Lo que significa que desde el 2013 el país no reduce sus emisiones de manera considerable, siendo 9 años de estancamiento, algo que claramente choca con el compromiso de España con el plan de reducción de emisiones del Acuerdo de París. Esto que nos indica la necesidad de un cambio en la forma de actuar de España (datos recogidos de Datosmacro.expansión.com).

- **6. GASES DE EFECTO INVERNADERO EN ESPAÑA Y ACUERDO DE PARÍS E IMPORTACIÓN ENERGÉTICA.**

---

Como se ha mencionado anteriormente, el acuerdo de París tiene el objetivo de reducir las emisiones de GEIs, concretamente de lograr una reducción de mínimo el 55% en el año 2030 respecto a las del año 1990. En el año 1990 España tenía unas emisiones de carbono de 282,788 Megatoneladas de CO<sub>2</sub> (Santamarta Flórez, J., 2013), por lo que para el año 2030 debería alcanzar un 55% menos, 127,255 Megatoneladas de CO<sub>2</sub>, un valor que actualmente se encuentra muy lejos, pues en 2019 (último año representativo, antes de la pandemia de 2020) las emisiones de España fueron de 256,805 Megatoneladas de CO<sub>2</sub>. Teniendo estos datos en cuenta, España cuenta con 7 años para lograr una reducción de emisiones del 55%, algo que no ha conseguido nunca en su historia, para cumplir con el acuerdo de París.

Otro factor a tener en cuenta es la importación energética de España de otros países, lo que resulta un gran gasto para un país en crisis económica como es España. Además, la importación energética y la dependencia de energía y otros productos de otros países, como se ha comprobado con la guerra de Ucrania, hace al país importador encontrarse en una posición vulnerable a conflictos. Dichos conflictos son cada vez más frecuentes, además de que hay que enfrentar los efectos derivados que tienen en los recursos como el aumento de precios, la falta de recursos o el corte de suministros. También, la importación de energía de otros países que la generan con métodos contaminantes contrarresta los esfuerzos de España por generar energía de una manera más limpia de emisiones de carbono en una escala global.

España ha tenido en las últimas décadas grandes importaciones energéticas del exterior y una dependencia en años anteriores, en 2006 3/4 de la energía consumida fue importada, unos valores que se han mantenido. En 2020 la energía consumida fue 2/3 de origen importado (datos de es.statista.com), lo que refleja la gran cantidad de energía importada por España, con los problemas que anteriormente se han indicado que conlleva. Teniendo esto en cuenta, si España quiere ser realmente un país con cero emisiones en la generación de energía, no es suficiente con abastecerse de su propia energía sin emisiones y comprar el resto de sus necesidades a países cuya energía es generada de una forma contaminante, debe ser capaz de autoabastecerse para realmente ser energéticamente limpio evitando los efectos derivados de los conflictos externos en la energía lo máximo posible.

Además, para un país sumido en una profunda crisis económica desde hace años como España, el gasto que representa la importación de altas cantidades energía con un precio cada vez más alto es un lastre del que se debería librar. Teniendo en cuenta la posibilidad de lograr un desarrollo del sistema de generación de energía del país, con el que se pueda exportar una parte de la misma y no solo obtener grandes beneficios económicos, España podría mejorar su dañada economía. Además, mejorar ambientalmente el planeta, influyendo en la lucha contra el cambio climático en una escala global en mayor medida vendiendo energía generada con cero emisiones de carbono en su producción, ayudando a descarbonizar no sólo la generación energética de España, sino también la de otros países.

- **7. ENERGÍAS RENOVABLES ACTUALMENTE EN ESPAÑA: NECESIDAD DE SINERGIA NUCLEAR-RENOVABLES PARA EL ABASTECIMIENTO SOSTENIBLE.**

Como se ha mencionado anteriormente, las fuentes de energía renovables representan alrededor del 47,6% de la producción eléctrica de España, un 20,8% la nuclear y un 31,6% las fuentes de energía que refuerzan el efecto invernadero. Teniendo en cuenta que queremos llegar a cero emisiones de carbono en el sector

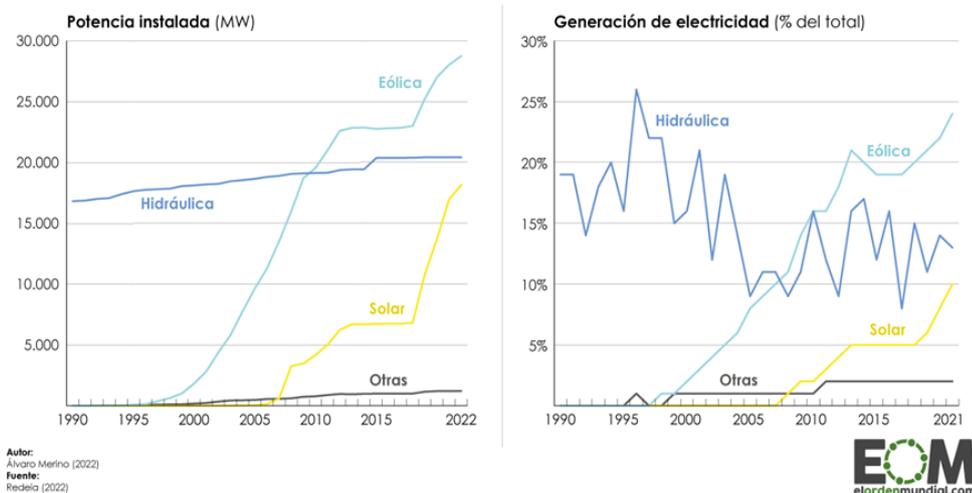


Fig. 16: Aumento de la generación eléctrica por parte de las renovables en España y porcentaje de cada fuente de energía renovable.

<https://elordenmundial.com/mapas-y-graficos/evolucion-energia-renovable-espana/>

energético, ello implicaría eliminar la generación de energía emisora de CO<sub>2</sub>, lo que dejaría un hueco del 31,6% de necesidad de producción de energía. Si, como tiene previsto España, eliminamos también la energía nuclear de la producción eléctrica del país, las necesidades energéticas desatendidas ascenderían a 52,4% que deberían cubrir únicamente las fuentes de energía renovables, un porcentaje que ascenderá anualmente por las crecientes demandas energéticas que habrá en el futuro por la necesidad de descarbonización de otros sectores.

**Estructura de la generación de febrero de 2022. Fuente: Red Eléctrica de España**

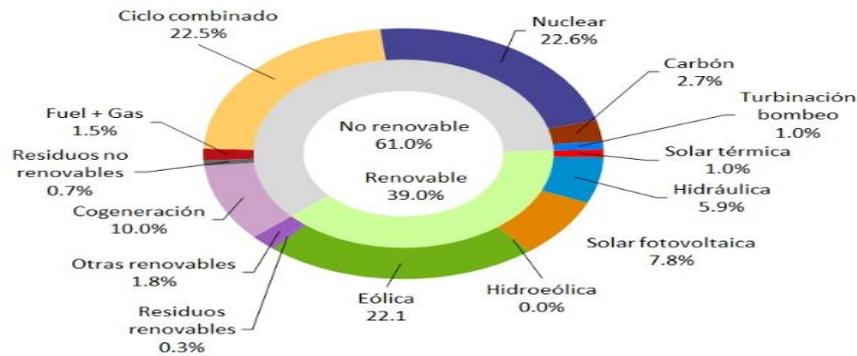


Fig. 17: Generación energética de España por sectores en febrero de 2022.

<https://www.energias-renovables.com/panorama/espana-en-2022-crece-la-produccion-de-20220302>

Actualmente resulta imposible que España se abastezca de energías renovables únicamente, tenemos que utilizar otras herramientas (Lúmina, s.f.) para cubrir ese alto porcentaje de necesidades energéticas que se crea retirando las energías contaminantes. Pero si queremos mantener la premisa de ser un país sostenible energéticamente, debemos apostar por el futuro y por la energía nuclear, considera energía verde por la Unión Europea en 2022 por su generación de energía sin emisiones de CO<sub>2</sub>, favorable en la lucha para frenar el cambio climático (Tena, A.,2022).

Además, apostar por generar actualmente el 100% de la energía con fuentes renovables causaría graves problemas sociales y medioambientales, el aumento de parques eólicos y plantas fotovoltaicas está causando severos problemas actualmente en el uso del territorio e impactos ambientales en la biodiversidad de las zonas en las que se sitúan, ya que para generar una cantidad de energía considerable para el abastecimiento se necesitan grandes extensiones de terreno (NovaCiencia, 2021).

Pero no se está intentando exponer que las energías renovables no deberían utilizarse, sino que actualmente no pueden generar al 100% de energía necesaria de España sin provocar impactos y conflictos ambientales y sociales severos, por lo que debe sinergizar con la energía nuclear para representar el rumbo hacia un futuro sostenible con cero emisiones de carbono.

Asimismo, se debe tener en cuenta que las necesidades energéticas no son estáticas, van aumentando cada año, y si se quiere lograr una transición energética del transporte hacia vehículos eléctricos la demanda energética será muy superior. De la misma forma, si España quiere colocarse como un país puntero en la transición energética para luchar contra el cambio climático y económicamente fuerte, debe tener un sector energético potente con un planteamiento realista, algo que podría no ser conseguido únicamente mediante las energías renovables, ya que para ello, se necesitaría un gran aumento de parques de energías renovables, lo que acabaría impactando negativamente a los ecosistemas en los que se encontrasen (World Energy Trade, 2020), así como creando conflictos sociales por su emplazamiento.

## • 8. NECESIDAD Y POSIBILIDAD DE AUTOSUFICIENCIA ENERGÉTICA.

Como se ha indicado anteriormente, España tiene la necesidad de generar su energía para cubrir sus necesidades. No solo por mejorar su economía y luchar contra el cambio climático, sino que el autoabastecimiento energético protegería al país y a la sociedad de los conflictos externos. Ellos cada vez más frecuentes, que se ven reflejados en el precio de la energía y en muchos otros recursos, como es el ejemplo de la guerra de Ucrania y la inflación derivada, el aumento de precios del gas ruso, la gasolina o alimentos (Sánchez, A., 2022). Por eso es necesario contar con un sistema energético propio en el que no se vean tan reflejados los efectos negativos de los conflictos externos.

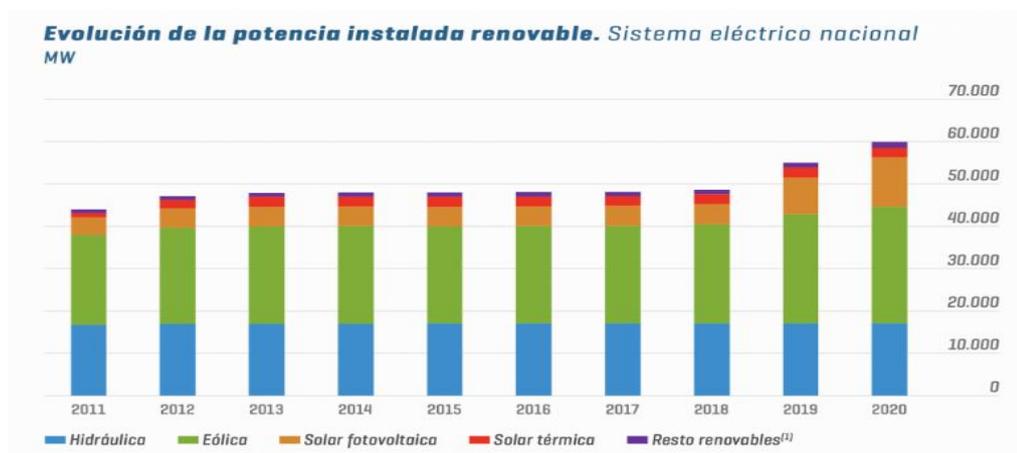


Fig. 18: Evolución de las fuentes de energía renovables en España 2011-2020.

<https://www.eltiempo.es/noticias/energia-renovable-espana-comunidades-autonomas>

Además, España tiene en gran medida la posibilidad de hacerlo debido al aumento considerable de la energía generada mediante las renovables en estos últimos años (Figura 16) y su continuo desarrollo tecnológico que las hará más eficientes, lo que haría que pudiesen cubrir, aunque no la totalidad del consumo energético, una gran parte de este. Las mejoras tecnológicas aplicadas a la energía solar y eólica, con paneles fotovoltaicos que captan una mayor cantidad de energía, y los avances implementados en las turbinas eólicas, que las hacen más potentes. Asimismo, en las instalaciones solares y eólicas se está reduciendo el impacto ambiental asociado utilizando materiales reciclados, con menores costes de mantenimiento y menor consumo de energía en su proceso productivo.

Por otro lado, en el ámbito nuclear, España tiene las reservas de uranio más importantes de la Unión Europea después de Francia (4650 Toneladas de  $U_3O_8$  a un coste de 80€/Kg U (Nuclenor, s.f.)), suficientes para evitar su compra, ya que España cuenta con un consumo anual de uranio de 1290 toneladas anualmente (Statista, 2022). Lo que vería aumentada en gran medida esa capacidad de autoabastecimiento en la que el país podría generar la totalidad de sus requerimientos energéticos sin generar GEIs mediante energía nuclear y renovables, y no necesitar importar el combustible nuclear esencial para llevar a cabo el plan de autoabastecimiento energético. Además, el precio del uranio se ha encarecido en los últimos meses, lo que hace aún más necesario comenzar a explotar nuestras reservas y ser independientes de otros países (entre ellos uno muy

inestable y conflictivo como Rusia) en el abastecimiento de dicha materia prima, añadiendo los puestos de trabajo directos e indirectos generados de dichas explotaciones (elEconomista, 2022).



Fig. 19: Proyecto de explotación minera de uranio en Salamanca.  
<https://www.energias-renovables.com/panorama/los-promotores-de-la-mina-de-uranio-20210204>

## • 9. PLAN DE ACCIÓN DE ESPAÑA RUMBO A 2050.

---

### ○ 9.1. RUMBO ENERGÉTICO ACTUAL DE ESPAÑA.

Actualmente, España tiene previsto cerrar todas sus centrales nucleares en los próximos años, además de abandonar la generación de energía mediante combustibles fósiles. Este plan lo está poniendo en marcha desde hace poco tiempo, cerrando múltiples centrales térmicas como las centrales de Anillales y Compostilla en León o la de Melrama, Narcea y Lada en el norte peninsular, constituyendo el cierre de 13 centrales térmicas desde 2011 (Pérez, R., 2021), siguiendo el plan descarbonización de la energía española. Pero, aunque la descarbonización en el sector energético es un factor fundamental en la lucha contra el cambio climático, el abandono de la energía generada mediante combustibles fósiles supone una gran demanda energética sin cubrir que debe ser suplida con otras fuentes generadoras que vayan acorde al plan de reducción de GEIs generados, como por ejemplo de la nuclear y las renovables. Sin embargo, España quiere generar la totalidad de su energía eléctrica necesaria para abastecer al país solamente con energías renovables, abandonando también energía nuclear como fuente productora, lo que podría ser una utopía por los conflictos sociales y la ocupación de ecosistemas, como se ha indicado anteriormente. Esto llevaría inevitablemente a cubrir las necesidades energéticas que no satisfagan las renovables (actualmente más del 50%) mediante la importación de energía, lo que supondría un gasto muy grande que anualmente representaría un lastre en la economía española, siendo en 2021 el gasto público importación energética de 35.500 millones de euros (Gracia, P. 2022), por lo que si reducimos nuestra producción de energía aún más, deberíamos aumentar la importación, que actualmente es de 2/3 de la energía consumida (datos de statista.com). Además, de como ya se ha mencionado, apoyar el cambio climático de una manera indirecta, ya que, si compras energía generada de una manera contaminante, no quedas exento de la responsabilidad de los efectos negativos socioambientales que dicha contaminación produciría, aunque tu generación de energía sea limpia mediante renovables.

○ **9.2. NECESIDAD DE UN CAMBIO DE MENTALIDAD.**

España debe cambiar su paradigma energético y elaborar un plan que no conlleve un desabastecimiento eléctrico que obligue a derrochar una gran cantidad de dinero que realmente necesita para suavizar la crisis económica en la que se encuentra. Y esto pasa por no abandonar la energía nuclear como fuente generadora si se quiere descarbonizar el sector energético, pues es necesario para conseguirlo dejar los combustibles fósiles en el pasado y continuar con el progresivo cierre de las centrales térmicas. Pero para cumplir realmente con la lucha contra el cambio climático sin desabastecer energéticamente al país es de vital importancia contar con las fuentes nucleares como generación energética, ya que, si eliminamos las fuentes de energía contaminantes, quedaría actualmente un 31,6% de la producción desabastecida. Y mucho mayor es el porcentaje si queremos alcanzar la autosuficiencia y evitar los 2/3 de energía importada. Apoyando el desarrollo de la energía nuclear en paralelo con las energías renovables se puede lograr la descarbonización total de la producción energética y satisfacer las necesidades crecientes de energía de España. Logrando desarrollar un sistema energético fuerte, siendo capaces de que la energía verde generada supere las necesidades energéticas y poder exportar dicha energía restante, consiguiendo un impulso económico que podría ayudar al país a salir de la crisis y cumpliendo el Acuerdo de París con el apoyo del avance de la descarbonización de otros sectores. Finalmente yendo rumbo a 2050 como un país sostenible ambiental y económicamente potente, como veremos más adelante.

Para lograr llegar a ese futuro ambientalmente sostenible y económicamente fuerte, España debe contar con un plan de acción que debe seguir en las próximas décadas, una hoja de ruta lógica que dé importancia a lo realmente importante y que guíe paso a paso al país hacia un próspero y necesario desarrollo en el ámbito de la generación energética.

○ **9.3. EXPLICACIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN.**

El Plan de Acción propuesto a continuación se divide en dos fases. La primera, que comprende desde la actualidad hasta el año 2035, en la que se llevarán a cabo acciones para lograr la descarbonización e independencia energética. Y la segunda fase, que comprende desde 2035 a 2050, en la que se preparará un escenario de continuidad de la autosuficiencia, además de la posibilidad de ser un país exportador de energía.

- **9.3.1. Primera fase: comienzo de las actuaciones para la descarbonización de la producción e independencia energética en 2035.**

En primer lugar, y como primera acción del plan, se debe cambiar la mentalidad acerca de la energía nuclear, teniéndola en cuenta junto con las renovables como la base del futuro energético de España. Por lo tanto, el primer punto debe ser abandonar la idea del cierre de las centrales nucleares actuales, las cuales proporcionan un 20,8% de la energía del país. Teniendo en cuenta que una

central nuclear cuenta con un tiempo de vida de diseño que se puede extender superados los 40 años según varios proyectos de investigación de centrales occidentales (SNE, 2017), las centrales nucleares españolas pueden extender su vida útil varios años manteniendo su seguridad en el proceso generador, por lo que resultan de gran importancia en el desarrollo de una España sostenible.

El siguiente paso consiste en la construcción y puesta en marcha de centrales nucleares modernas con reactores de cuarta generación más eficientes y con una mejor gestión de los residuos nucleares. Como se ha indicado, las centrales nucleares españolas pueden extender su vida útil varios años más, lo que haría que el tiempo en el que siguen en marcha junto con la energía generada por las renovables y las centrales térmicas sea de vital importancia para actuar con rapidez en el comienzo de la construcción de nuevas centrales.

El tiempo estimado en el que una central se pone en marcha desde el inicio, teniendo en cuenta los procesos burocráticos y la fase de construcción, es de unos 12 años (Infoveritas, 2021). Si se actuase desde este año 2023 tendríamos en el año 2035 un sector energético con cero emisiones de carbono, contando con las centrales nucleares actuales, las más desarrolladas energías renovables y otros 5 reactores en centrales nucleares modernas produciendo energía limpia en grandes cantidades. Ya que, si eliminamos el 31,6% de energía producida por las fuentes fósiles y estimamos que para el 2035 las renovables habrán crecido desde el 47,6% hasta un 65%, si los 7 reactores actuales generan el 20,8%, para llegar al 100% mediante renovables y nuclear habría que crear otros 5 reactores ( $20,8\% / 7 = 2,97\%$  cubriría cada reactor  $* 5 = 14,85\%$ ); ( $65\% + 20,8\% + 14,85\% = 100,65\%$ ), siendo el 65% la producción energética cubierta por las renovables, el 20,8% por las centrales nucleares antiguas y el 14,85% por los 5 reactores nuevos. Esto nos permitiría abastecer al país, abandonando la energía generada mediante combustibles fósiles de manera progresiva hasta eliminarla por completo alrededor del año 2035, cuando las centrales modernas estuviesen en funcionamiento.

El abandono de los combustibles fósiles en el proceso de producción de energía se conseguiría de manera escalonada hasta prescindir de su uso completamente en 2035. Ya que en los 12 años que tardarían las centrales nucleares modernas en exhibir su potencial generador energético, las centrales actuales seguirían produciendo la energía que actualmente generan. Pero como hemos indicado, estos últimos años las energías renovables están en ascenso, por lo que su desarrollo y apuesta supondría el tener la capacidad de ir progresivamente cerrando centrales térmicas sin dejar desabastecido al país. Reduciendo progresivamente los GEIs generados hasta llegar al año 2035, en el que las centrales nucleares que se han empezado a desarrollar actualmente comiencen su funcionamiento. Esto haría posible el abandono total y permanente de los combustibles fósiles en el sector energético, logrando en el año 2035 una producción de energía suficiente para conseguir el autoabastecimiento con cero emisiones basada en las avanzadas fuentes de energía renovables, centrales nucleares de última generación y las centrales nucleares antiguas (actuales en 2023). Pero como ya se ha mencionado, debe ser un proceso progresivo, ya que no se deben dejar desabastecida a las necesidades energéticas del país.

Cabe mencionar que el precio de una central nuclear es de 4000-5000 millones de € (SNE, s.f.), por lo que con un presupuesto de 25.000 millones de euros, un gasto asumible para una finalidad de vital importancia en un país como España, se podrían construir 5-6 centrales nucleares modernas, las cuales actuando conjuntamente con las 5 centrales actuales y las renovables más avanzadas, asegurarían para el país un futuro energéticamente independiente, sostenible y que marcaría el rumbo hacia una potencial capacitación exportadora. Por lo que la inversión inicial de miles de millones de euros se vería amortizada relativamente rápido si tenemos en cuenta que abandonaríamos las importaciones de energía de otros países (2/3 de la energía consumida en España), lo que sería un ahorro a tener en cuenta. Y más velozmente se amortizarían las inversiones siguientes al año 2035 en energía nuclear, ya que, en un escenario en 2035 de autosuficiencia energética, el potenciamiento de la producción energética haría que España tuviese un excedente de energía que podría vender, como veremos a continuación.

En este punto del Plan nos encontraríamos en el año 2035, contando con 5 centrales nucleares antiguas, 5-6 de última generación y unas fuentes de energía renovables que se han desarrollado tecnológicamente en gran medida y en las que España ha apostado y maximizado su uso, logrando entre las 3 partes abastecer al país de energía limpia, con una producción energética mayor incluso que sus necesidades debido a la gran eficiencia de las mejoradas renovables y las centrales nucleares modernas, logrando la descarbonización total del sector de productor de energía. En 2035, si las renovables siguen creciendo a la velocidad que lo han hecho estos últimos años, podrían ser capaces de generar unos 210.000GWh de los 250.000GWh totales que consume España.

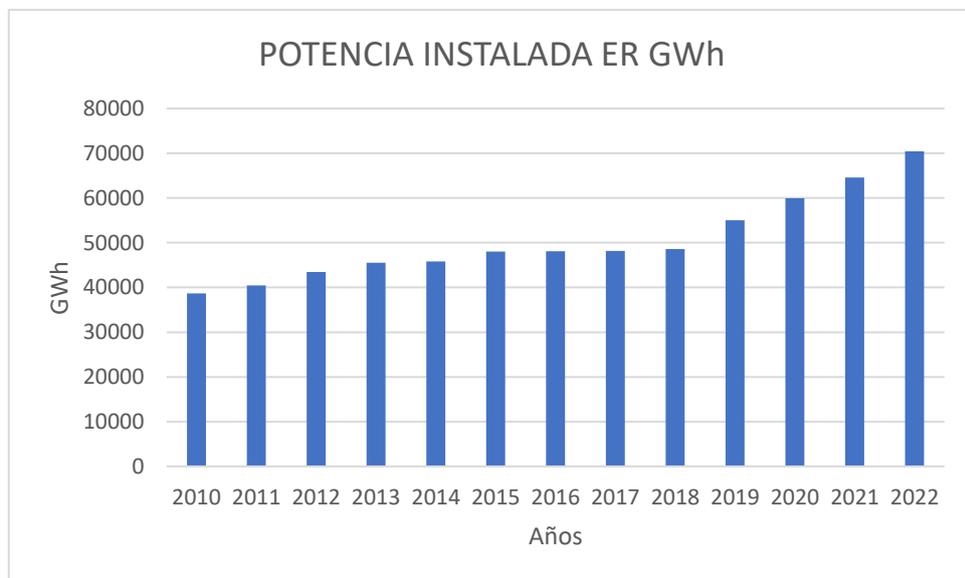


Fig. 20: Evolución de la potencia instalada en España de Energías Renovables desde 2010 a 2022.

<https://es.statista.com/estadisticas/1136061/potencia-electrica-renovable-instalada-espana/>

Como observamos en la Figura 20, la potencia instalada en energías renovables ha aumentado considerablemente desde el año 2010, sobre todo desde el 2018, por lo que si calculamos la media del porcentaje de variación anual de la

potencia instalada desde 2018 y hacemos una estimación calculando el valor futuro con la fórmula matemática de valor futuro con tasa de variación:  $Vf = Va * (1 + r)^n$ , siendo: Vf= Valor futuro, Va= Valor actual, r= porcentaje de variación anual, n número de años.

PORCENTAJE DE CAMBIO	AÑO	POTENCIA INSTALADA ER GWh
	2010	38660
	2011	40427
	2012	43423
	2013	45558
	2014	45799
	2015	47998
	2016	48064
	2017	48164
	2018	48624
11,66%	2019	55046
8,16%	2020	59943
7,14%	2021	64553
8,37%	2022	70452
Media = 8,83%		

Tabla 1: Datos de la tabla de potencia instalada de energías renovables y el porcentaje de variación anual de 2018 a 2022.

Por lo que, con estos datos, con el Valor actual de 70452GWh, una media de porcentaje de cambio de 8,83% y un n de 13 años (año futuro 2035), obtenemos un valor futuro de 211654 GWh. Este valor de crecimiento de la potencia instalada de las energías renovables se ha estimado en un marco en que las energías renovables crecen al mismo ritmo que en el periodo 2018-2022, algo difícil debido a los impactos ambientales y sociales que provocaría una masificación de parques renovables, por lo que se podría afirmar que se alcanzará un valor menor al calculado. Pero teniendo como premisa que la cantidad de energía del total del consumo español que no puedan llegar a cubrir las renovables será cubierto por los reactores nucleares.

Pero las centrales nucleares con las que España en el año 2023 cuenta tiene un tiempo de vida de diseño de 40 años y, aunque está comprobado que se puede alargar varios años más, una central no puede alargar su vida para siempre. Y sumado a que las centrales nucleares modernas son más eficientes, por lo que genera una mayor cantidad de energía eléctrica y una mucho mejor gestión de los residuos nucleares nos hace pensar inevitablemente en la necesidad de su desmantelación y su sustitución por centrales nucleares modernas.

Teniendo en cuenta la necesidad de clausurar las centrales nucleares antiguas, el hipotético exceso en la producción energética con la que contaba España sumando las centrales nucleares antiguas, las modernas y las fuentes de energías renovables, no podría ser exportado, ya que realmente contaría con las 5 o 6 centrales nucleares de última generación y las fuentes de energía renovables. Ambas aportarían suficiente energía para satisfacer las necesidades energéticas que han ido en aumento desde 2023 hasta 2035, conservando la autosuficiencia,

pero sin contar con exceso energético que aporta las centrales nucleares antiguas en dicho escenario, ya que habría que desmantelarlas.

- **9.3.2. Segunda fase: 2035, inversión energética para un futuro sostenible y exportador hacia 2050.**

La siguiente fase comienza en el año 2035, cuando España cuente con un sector productor energético suficientemente fuerte como para lograr la autosuficiencia, pero que, rumbo al año 2050, para lograr un impulso económico y luchar a una mayor escala contra el cambio climático, necesita ser capaz de vender energía. Además de exportar su energía limpia a otros países para reducir globalmente la emisión de GEIs y amortizar sus inversiones en energía nuclear.

Como ya se ha mencionado, en el año 2035 España debe desmantelar sus centrales nucleares antiguas habiendo ya alargado sus tiempos de vida de diseño a su favor, y sustituirlas por centrales nucleares modernas. La instalación de una central nuclear requiere una zona y terreno adecuados para evitar grandes impactos ambientales mientras que se lleva a cabo su actividad productiva correctamente. Por lo que para eludir la necesidad de buscar nuevas zonas de implantación de las nuevas centrales se pueden construir en las mismas zonas en las que se sitúan las centrales nucleares antiguas (las actuales en 2023), ya que evitaremos ocupar los territorios y asegurarnos las condiciones adecuadas para el funcionamiento de las nuevas centrales.

Teniendo en cuenta que entre procesos burocráticos (4,7 años de media) y la fase de construcción (7,3 años de media) se tardan doce años en poner en funcionamiento una central nuclear desde el inicio (Infoveritas, 2021), se podrían avanzar los procesos burocráticos desde antes del año 2035 para que desde el momento en el que se desmantelen las centrales nucleares antiguas en Burgos, Guadalajara, Tarragona, Valencia y Cáceres, en un tiempo de 7-8 años estuviesen en funcionamiento las nuevas centrales en dichos lugares, exactamente en el mismo sitio que las centrales que las preceden. Por lo que sobre el año 2042-2043 España podría contar con un total de 10 centrales nucleares de última generación en funcionamiento con una media de 2 reactores cada una que, entre nuclear y renovables, produjesen suficiente electricidad no solo para abastecer a España, sino para exportar la energía restante.

Inevitablemente también se debe mencionar el desarrollo de reactores nucleares de cuarta generación, los cuales están siendo desarrollados por múltiples países y que se comercializarán sobre el año 2030. Dichos reactores destacan por sus avances en sustentabilidad al minimizar los residuos nucleares, en seguridad y fiabilidad y en economía, alcanzando una aún mayor rentabilidad (UNAM, s.f.), por lo que teniendo en cuenta que en el año 2035, según este plan de acción, España comenzará a construir cinco nuevas plantas nucleares que estarían en funcionamiento en los años 2042-2043, los reactores de cuarta generación deberán ser la base de las nuevas centrales nucleares españolas de la segunda fase rumbo a 2050.

En datos, un reactor de cuarta generación puede producir un total de 1.500 MWh (UNAM, s.f.), que en comparación con los reactores que actualmente tiene España de alrededor de 1000 MWh, supone cerca del 33% más de producción energética que, sumando a una mayor rentabilidad económica, la seguridad, fiabilidad y sustentabilidad, supone una oportunidad que no se debe pasar por alto, ya que España se encontraría en un escenario muy positivo, contando con 5-6 centrales nucleares modernas, 5 centrales nucleares con reactores nucleares

de cuarta generación y apoyado por las energías renovables trabajando sinérgicamente, generando una gran cantidad de energía eléctrica en paralelo a la nuclear.

- **9.3.3. Energía generada y gases de efecto invernadero emitidos en las fases del plan de acción.**

**\* 9.3.3.1. En la actualidad.**

Actualmente, las necesidades energéticas de España se encuentran relativamente constantes desde el año 2008 (Figura 21), donde alcanzaron su pico máximo después de casi tres décadas de un ascenso vertiginoso. Pero la electrificación de muchos sectores y los avances tecnológicos harán inevitablemente que el consumo de electricidad del país crezca en las próximas décadas, lo que obligará a aumentar la generación energética para poder abastecer las dichas necesidades.

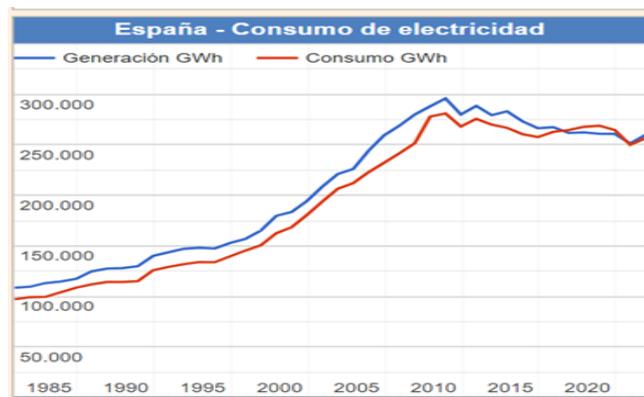


Fig. 21: Generación y consumo de energía eléctrica en España 1995-2020.

<https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/electricidad-consumo/espana>

Hoy en día, España ronda unas emisiones de CO<sub>2</sub> de 250 millones de toneladas (datos obtenidos de datos macro.com), de las cuales 35,9 millones de toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> provienen de la generación energética, manteniéndose en esos niveles desde el año 2013, sin tener en cuenta la reducción de emisiones de 2020 por la pandemia del COVID-19, unos valores muy por encima de los que se firmaron en el Acuerdo de París. El Plan de Acción tiene como objetivo desarrollar en paralelo la energía nuclear y las renovables en España mientras se reduce progresivamente la emisión de gases de efecto invernadero.

**\* 9.3.3.2. En la primera fase del plan.**

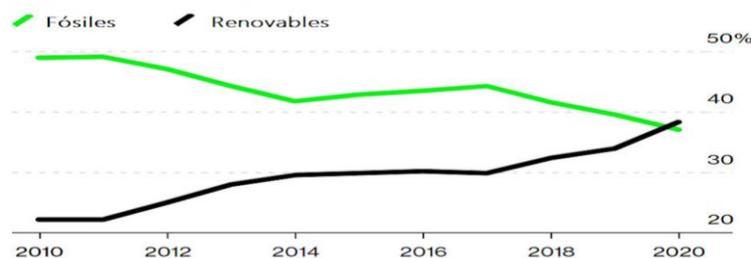


Fig. 22: Evolución de las energías renovables frente a las fósiles en Europa de 2010 a 2020.

<https://cutt.ly/U2mBtbw>

En la primera fase del Plan de Acción, en la que se continúan aprovechando las centrales nucleares actuales y se construyen las centrales nucleares del futuro, la generación energética proveniente de la nuclear se mantendrá constante. Y el desarrollo y evolución de las energías renovables (Figura 22), muy destacado en los últimos años no solo en España sino también a nivel mundial, será fundamental para llevar a cabo el cierre de las centrales térmicas actualmente en funcionamiento. Comenzando así con el proceso de descarbonización del sistema de generación de energía sin desabastecer energéticamente al país, además de lograr en esta fase la autosuficiencia energética.

**\* 9.3.3.3. En la segunda fase del plan.**

En la segunda fase del Plan de Acción, que comienza en el año 2035, año en el que comienzan su funcionamiento las centrales nucleares desarrolladas en la primera fase, se logra la descarbonización total y definitiva de la producción eléctrica del país, cerrando la totalidad de centrales térmicas alimentadas con combustibles fósiles. Por lo que la energía generada sin emisión de CO<sub>2</sub> mediante las centras nucleares modernas recién puestas en marcha y las más avanzadas energías renovables (sin contar las centrales nucleares antiguas en la generación energética debido a que serán eliminadas para la construcción de centrales nucleares con reactores de cuarta generación en el mismo lugar) brindarán a España de energía limpia para su consumo.

Llegando finalmente a la descarbonización total en la producción energética del país en el año 2035, habiendo reducido progresivamente las emisiones en años anteriores durante el desarrollo de la primera fase con la evolución de las energías renovables actuando de la mano de la nuclear, consiguiendo reducir desde el 2019 a 2035 35,9 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes producidas en la generación energética. Los GEIs generados en la producción eléctrica en 2019 representaron el 14% de las emisiones de gases en España, pero se debe tener en cuenta que en las próximas décadas se reducirán las emisiones en muchos otros sectores del país como el transporte eliminando los vehículos de combustión, buscando la sostenibilidad y la descarbonización total del país, además cumplir el Acuerdo de París.

**\* 9.3.3.4. Lucha contra el cambio climático a mayor escala.**

También, siendo un país autosuficiente que no importa energía de otros países, además de que si explotamos nuestras reservas de uranio tampoco importaríamos combustible nuclear, convertiría a España en un país autoabastecido en una mayor proporción y podría servir como modelo a otros países. Incluso, ante la posibilidad de exportar energía por un mayor desarrollo del sistema productivo energético, España podría apoyar a la lucha contra el cambio climático en una mayor escala al vender electricidad generada sin producción de GEIs en el proceso mediante la nuclear y las renovables. Además del gran impulso económico que conllevaría la exportación de energía, teniendo también en cuenta los puestos de trabajo directa e indirectamente generados en España por este desarrollo.

- **10. BENEFICIOS SOCIOECONÓMICOS DE SER UN PAÍS EXPORTADOR DE ENERGÍA DESDE EL AUTOABASTECIMIENTO SOSTENIBLE.**

---

Actualmente, España sigue una estrategia de importación y exportación de energía eléctrica a otros países, una práctica beneficiosa para las relaciones externas, pero no tan rentable económicamente debido al alto precio que la energía eléctrica ha alcanzado en los últimos años.

De este modo, si España consiguiese autoabastecerse completamente con energía verde, nuclear y renovables sinérgicamente, de la manera que indica el Plan de Acción, y ser capaz de producir un exceso de energía para exportarlo, los beneficios económicos serían muy altos debido a la eliminación de los gastos económicos derivados de la importación energética.

Por lo tanto, ese impulso económico podría beneficiar a España en muchos aspectos. En primer lugar, amortizando las inversiones realizadas en el desarrollo de un sistema generador de energía basado en la nuclear y las renovables para lograr llegar a la autosuficiencia y la capacidad de exportadora de energía.

Por otro lado, socialmente también tendría un gran impacto positivo, pues dicho impulso económico derivado de la venta de la energía podría ser destinado a reducir los precios de energía y de productos de primera necesidad reduciendo los impuestos sobre ellos sin que perjudique al recaudación pública del país, además de reducir los precios en épocas de inflación, consiguiendo así una mejora en la calidad de vida de la población, algo que actualmente está en mayor decadencia por el aumento de los precios y la crisis que está sufriendo el mundo.

En definitiva, la exportación de energía, un escenario posible explicado en el Plan de Acción anteriormente planteado ayudaría a España económica y socialmente, ofreciendo una posibilidad de mayor capacidad y mejores condiciones económico-socioambientales para desarrollarse en otros ámbitos económicos, ecológicos y sociales partiendo de la sostenibilidad energética, además del apoyo en la lucha contra el cambio climático desde una perspectiva global a gran escala.

## ■ **CONCLUSIÓN Y DISCUSIÓN.**

---

En conclusión, actualmente España quiere acabar con la producción de energía de origen nuclear mientras busca el abastecimiento total con energía verde abandonando la generación de energía mediante combustibles fósiles como el carbón, cerrando las centrales térmicas (altamente generadoras de GEIs). Este plan parece inviable actualmente si no se quiere desabastecer energéticamente al país. Además, incrementa el gasto público debido a la importación de energía causado a la incapacidad actual de las energías renovables de sustentar los requerimientos energéticos de España. Las centrales nucleares producen altas cantidades de energía verde, sin generación de GEIs, factor fundamental en la lucha contra el cambio climático y en el cumplimiento del Acuerdo de París, buscando la sostenibilidad sin aumentar los GEIs atmosféricos rumbo al 2035 y 2050, por lo que la opción nuclear debería ser tenida en cuenta.

Como se explica en el Plan de Acción propuesto por el autor, actualmente España cuenta con 7 reactores que pueden alargar su vida hasta finalizar la construcción y puesta en marcha de nuevas centrales nucleares, más eficientes y con un mejor trato de los residuos nucleares. La construcción de estas nuevas plantas permitirá el autoabastecimiento total mediante la combinación de energías verdes, nuclear y renovables sin la necesidad de importar energía de otros países y con la posibilidad de explotar el combustible nuclear del país. De esta forma, se podría abandonar totalmente la producción energética contaminante antes del 2035, año en el que se desmantelarían las antiguas centrales y comenzaría la construcción de nuevas plantas con reactores de cuarta generación. Así, se lograría, a principios de los años 40 de este siglo, contar con un sistema de producción energético que, además de abastecer completamente las crecientes necesidades energéticas del país, le permita exportar energía verde logrando luchar contra el cambio climático en una escala mucho mayor. Esto resultaría además en un impulso económico enorme para España, que ayudará al desarrollo tanto aumentando la sostenibilidad como en muchos otros ámbitos y sectores.

Además, los actuales avances en fusión nuclear nos indican que la energía nuclear estará presente dentro de varias décadas representando una forma de energía verde de vital importancia en el desarrollo sostenible de las generaciones futuras.

Finalmente, remarcar que el desarrollo del Plan de Acción depende del desarrollo que las energías renovables alcancen en las próximas décadas, ya que dependen de los conflictos sociales y ambientales que puedan generar en su crecimiento. Lo que marcará si es necesario un mayor o menor potencial nuclear para cubrir entre ambas las necesidades energéticas de España mediante energía verde.

## ■ BIBLIOGRAFÍA.

---

- Acciona. (s.f.). *¿Qué es el Cambio Climático?* acciona.com. Consultado en [https://www.acciona.com/es/cambio-climatico/?\\_adin=02021864894](https://www.acciona.com/es/cambio-climatico/?_adin=02021864894)
- Ayuda en acción. (2019). *Consecuencias del cambio climático (2019): efectos a nivel global*. ayudaenaccion.org. Consultado en <https://ayudaenaccion.org/blog/sostenibilidad/consecuencias-del-cambio-climatico/#:~:text=La%20deforestaci%C3%B3n%20y%20desaparici%C3%B3n%20de,de%20gases%20de%20efecto%20invernadero.>
- Benavides ballesteros, M.O. y León Aristizabal, G.Z. (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y cambio climático*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).
- Caballero, M., Lozano, S. y Ortega, B. (2007). *Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: Una perspectiva desde las ciencias de la Tierra*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Calabrese, C.R. (1997). *Sobre política nuclear: un poco de historia, significados y propuestas*. Pontificia Universidad Católica Argentina.
- Consejo de la Unión Europea. (2022). *Acuerdo de París sobre el Cambio Climático*. colisium.europa.eu. Consultado en [https://www.consilium.europa.eu/es/policies/climate-change/paris-agreement/#:~:text=La%20UE%20y%20el%20Acuerdo%20de%20Par%C3%A](https://www.consilium.europa.eu/es/policies/climate-change/paris-agreement/#:~:text=La%20UE%20y%20el%20Acuerdo%20de%20Par%C3%A1g,Infograf%C3%ADa%20%2D%20Acuerdo%20de&text=Tal%20como%20exige%20el%20acuerdo,a%20los%20niveles%20de%201990.)  
[Ds,-  
Infograf%C3%ADa%20%2D%20Acuerdo%20de&text=Tal%20como%20exige%20el%20acuerdo,a%20los%20niveles%20de%201990.](https://www.consilium.europa.eu/es/policies/climate-change/paris-agreement/#:~:text=La%20UE%20y%20el%20Acuerdo%20de%20Par%C3%A1g,Infograf%C3%ADa%20%2D%20Acuerdo%20de&text=Tal%20como%20exige%20el%20acuerdo,a%20los%20niveles%20de%201990.)
- CSN. (2020). *La energía nuclear*. CSN (Consejo de Seguridad Nacional).
- Curiosfera. (s.f.). *Origen de la energía nuclear*. curiosfera.com. Consultado en <https://curiosfera-historia.com/origen-e-historia-de-la-energia-nuclear/#:~:text=En%201938%20se%20comenz%C3%B3%20a,una%20gran%20cantidad%20de%20energ%C3%ADa.>
- Ecologistas en acción. (2007). *Cada día desaparecen 150 especies*. ecologistasenaccion.org. Consultado en <https://www.ecologistasenaccion.org/8238/cada-dia-desaparecen-150-especies/#:~:text=%C2%ABEstamos%20experimentando%20la%20mayor%20ola,en%20extintas%C2%BB%2C%20declar%C3%B3Djoghlaf.>
- El Economista. (2022). *¿Por qué no usa España su uranio? Hay reservas para cubrir todo el suministro y no depender de Rusia*. eleconomista.es. Consultado en <https://www.eleconomista.es/mercados-cotizaciones/noticias/11678879/03/22/Espana-tiene-reservas-de-uranio-suficientes-para-cubrir-la-importacion-rusa.html>
- Energía Nuclear. (2020). *Barras de control de una central nuclear*. energía-nuclear.net. Consultado en <https://energia-nuclear.net/funcionamiento-central-nuclear/reactor-nuclear/barras-de-control>
- Espejo Marín, C. (2002). *La producción de electricidad de origen nuclear en España*. Universidad de Murcia.

- Foro Nuclear. (2020). *¿Cómo se gestionan los residuos radiactivos?* foronuclear.org. Consultado en <https://www.foronuclear.org/actualidad/a-fondo/como-se-gestionan-los-residuos-radiactivos/#:~:text=Se%20trata%20de%20una%20instalaci%C3%B3n,y%20un%20aislamiento%20de%20hormig%C3%B3n.>
- Foro Nuclear. (s.f.). *¿Cuánta energía en kWh de extrae de un kilo de uranio y qué rendimiento tiene cada kilo?* foronuclear.org. Consultado en <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-combustible-nuclear/cuanta-energia-en-kwh-se-extrae-de-un-kilo-de-uranio-y-que-rendimiento-tiene-cada-kilo/#:~:text=Preguntas%20y%20respuestas.%C2%BFcu%C3%A1nta%20energ%C3%ADa%20en%20kWh%20se%20extrae%20de%20un%20kilo%20de,mismo%2C%208.500.000.000%20kWh.>
- Foro Nuclear. (s.f.). *Energía nuclear en el mundo.* foronuclear.org. Consultado en <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/energia-nuclear-en-el-mundo/>
- Garcia, P. (2022). *España es el quinto país que más ha gastado de Europa en medidas frente a la crisis eléctrica.* cincodias.elpais.com. Consultado en [https://cincodias.elpais.com/cincodias/2022/09/26/economia/1664209310\\_217856.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2022/09/26/economia/1664209310_217856.html)
- GeoEnciclopedia. (s.f.). *¿Qué es el átomo?* geoenciclopedia.com. Consultado en <https://www.geoenciclopedia.com/que-es-el-atomo/>
- Infoveritas. (2021). *¿Cuánto tiempo tarda en estar operativa una central nuclear?* info-veritas.com. Consultado en <https://info-veritas.com/explicativos-tiempo-puesta-en-marcha-central-nuclear/#:~:text=Sin%20embargo%2C%20los%20expertos%20consultados,por%20sus%20siglas%20en%20ingl%C3%A9s.>
- Jara Montecinos, M. (2020). *Estructura del átomo.* Liceo Miguel Rafael Prado.
- La Vanguardia. (2020). *La energía nuclear generó el 22,60% de la electricidad en España en 2019 y el 37% de la electricidad libre de CO<sub>2</sub>.* lavanguardia.com. Consultado en <https://www.lavanguardia.com/vida/20200304/473967801845/la-energia-nuclear-genero-el-2260-de-la-electricidad-en-espana-en-2019-y-el-37-de-la-electricidad-libre-de-co2.html#:~:text=La%20energ%C3%ADa%20nuclear%20gener%C3%B3%20el%2022%2C60%20por%20ciento%20de,Las%20centrales%20nucleares%20en%202019.>
- López Salinas, J.L. (2017). *Energía nuclear. Energías convencionales, limpias y su tecnología.* Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- López Vera, F. (1998). *Geología y cambios climáticos recientes.* En IGME (Ed.), *Riesgos Geológicos* (2867-295). IGME.
- Lúmina. (s.f.). *¿Podemos abastecernos únicamente con energía renovable?* luminaenergia.es. Consultado en <https://luminaenergia.es/podemos-abastecernos-unicamente-energia-renovable-sostenible/>
- Martos, A. y Serrato, F. (2022). *Así será el apagón nuclear en España: el primer cierre previsto es el de la central de Trillo en 2024.* theobjective.com. Consultado en <https://theobjective.com/economia/2022-02-06/apagon-nuclear-espana/>

- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (s.f.). *Centrales nucleares en España*. energía.gob.es. Consultado en <https://energia.gob.es/nuclear/Centrales/Espana/Paginas/CentralesEspana.aspx>
- Miranda Ruiz, A. (2017). *El efecto invernadero*. Universidad de Cantabria.
- Nova Ciencia. (2021). *Los problemas de las energías renovables*. novaciencia.es. Consultado en <https://novaciencia.es/los-problemas-de-las-energias-renovables/>
- Noya, C. (2022). *España roza el 50% de producción con energías renovables en 2021*. forococheselectricos.com. Consultado en <https://forococheselectricos.com/2022/01/produccion-electrica-espana-2021.html>
- Nuclenor. (s.f.). *¿Cómo cubre España sus necesidades de uranio?* nuclenor.org. Consultado en [https://www.nuclenor.org/aula/222\\_07/capitulo9.htm#:~:text=Estas%20necesidades%20se%20cubren%20actualmente,Tenex%2C%20de%20la%20antigua%20URSS.](https://www.nuclenor.org/aula/222_07/capitulo9.htm#:~:text=Estas%20necesidades%20se%20cubren%20actualmente,Tenex%2C%20de%20la%20antigua%20URSS.)
- Orús, A. (2022). *Volumen de residuos sólidos generados por las centrales nucleares en España en 2021*. es.statista.com. Consultado en <https://es.statista.com/estadisticas/993923/volumen-de-residuos-generados-por-las-centrales-nucleares-espanoles/>
- Pérez, R. (2021). *Más de 5.000 millones de euros para desenchufar a España del carbón*. abc.es. Consultado en [https://www.abc.es/economia/abci-mas-5000-millones-euros-para-desenchufar-espana-carbon-202103080126\\_noticia.html](https://www.abc.es/economia/abci-mas-5000-millones-euros-para-desenchufar-espana-carbon-202103080126_noticia.html)
- Sánchez, A. (2022). *La guerra de Ucrania da la puntilla a los precios: la inflación se dispara hasta el 9,8%, máximos desde el 1985*. elpais.com. Consultado en <https://elpais.com/economia/2022-03-30/la-inflacion-acelera-en-marzo-al-98-maximos-desde-1985-por-la-guerra-en-ucrania.html>
- Sánchez, M., Socarrás, M., Herrera, F.E., Marín, L.T. y Noriega, D.A. (2013). Mitigar consecuencias del calentamiento global y efecto invernadero: reflexiones para la formación en salud. *Hacia la promoción de la salud*, 18(2), 110-122.
- Santamaría Flórez, J. (2013). *Informe de emisiones de Gases de Efecto invernadero en España 1990-2012*. WWF España.
- s.a. (s.f.). *España-Consumo de electricidad*. datosmacro.expansión.com. Consultado en <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/electricidad-consumo/espana>
- Sociedad Nuclear Española (SNE). (s.f.). *¿Durante cuánto tiempo los residuos continúan siendo radiactivos?* sne.es. Consultado en <https://www.sne.es/preguntas-y-respuestas/residuos-radiactivos/cuanto-tiempo-residuos-radiactivos/#:~:text=Las%20centrales%20nucleares%20generan%20residuos,de%20clasificados%20a%20los%20300%20a%20C3%B1os.>
- Sociedad Nuclear Española (SNE). (s.f.). *¿Es muy caro el kilovatio-hora procedente de una central nuclear?* sne.es. Consultado en <https://www.sne.es/preguntas-y-respuestas/produccion-electrica-origen-nuclear/es-muy-caro-el-kilovatio-hora-procedente-de-una-central-nuclear/>
- Sociedad Nuclear Española (SNE). (2017). *Vida útil de una central nuclear*. sne.es. Consultado en <https://www.sne.es/posicionamiento/vida-util-de-una->

- [central-nuclear/#:~:text=En%20Espa%C3%B1a%20el%20Consejo%20de,dise%C3%B1o%20inicial%20\(40%20a%C3%B1os\).](#)
- Statista. (2022). *Dependencia de las importaciones de energía de España de 2006 a 2020*. es.statista.com. Consultado en <https://es.statista.com/estadisticas/493962/dependencia-de-las-importaciones-de-energia-de-espana/#:~:text=Dependencia%20de%20Espa%C3%B1a%20de%20las%20importaciones%20de%20energ%C3%ADa%202006%2D2020&text=En%20el%20a%C3%B1o%202020%2C%20el,partes%20de%20la%20energ%C3%ADa%20consumida>.
  - Statista. (2022). *Emisiones de gases de efecto invernadero de la generación de energía eléctrica en España de 2011 a 2021*. es.statista.com. Consultado en <https://es.statista.com/estadisticas/1223061/emisiones-anuales-de-co2-de-la-produccion-de-electricidad-en-espana/#:~:text=Emisiones%20de%20CO2%20de%20la%20producci%C3%B3n%20de%20electricidad%20en%20Espa%C3%B1a%202011%2D2021&text=En%202021%2C%20las%20emisiones%20de,poco%20menos%20de%2036%20millones>
  - Statista. (2022). *Ranking de los principales países consumidores de uranio en 2019*. Consultado en <https://es.statista.com/estadisticas/635411/paises-lideres-en-el-consumo-de-uranio/>
  - Tena, A. (2022). *La Unión Europea concluye que el gas y las nucleares son energías verdes y las equilibra a las renovables*. publico.es. Consultado en <https://www.publico.es/sociedad/parlamento-europeo-concluye-gas-nucleares-son-energias-verdes-equipara-renovables.html>
  - Universidad de Calgary. (s.f.). *Central eléctrica nuclear*. energyeducation.ca. Consultado en [https://energyeducation.ca/Enciclopedia de Energia/index.php/Central\\_el%C3%A9ctrica\\_nuclear](https://energyeducation.ca/Enciclopedia de Energia/index.php/Central_el%C3%A9ctrica_nuclear)
  - Universidad de Calgary. (s.f.). *Combustible nuclear*. energyeducation.ca. Consultado en [https://energyeducation.ca/Enciclopedia de Energia/index.php/Combustible\\_nuclear](https://energyeducation.ca/Enciclopedia de Energia/index.php/Combustible_nuclear)
  - UNAM Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo 1. (s.f.). *Reactores de generación IV*. ingeniería-química9.website.es. Consultado en <https://ingenieria-quimica9.webnode.es/products/reactores-de-iv-generacion/>
  - Valera, L.M. (2018). *Fusión y fisión nuclear, baterías de litio y células de combustible: tendencias actuales y perspectivas en el horizonte 2050*. Instituto Español de Estudios Estratégicos.
  - Vitorino Monjaras, J. C. (2015). *Fusión nuclear*. Universidad del Caribe.
  - World Energy Trade. (2020). *¿Qué detiene a las energías renovables?* Consultado en <https://www.worldenergytrade.com/energias-alternativas/general/que-detiene-a-las-energias-renovables>