

Universidades coordinadoras



MÁSTER EN ESTUDIOS DE LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN

DEFENDIDO EN LA UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Curso 2022-2023

Energía nuclear en España: Historia y percepción social

AUTOR/A: Norberto Fernández Naranjo

TUTOR/A: Esther Sánchez Sánchez

Fdo. (firma)

Fdo. (firma)

Oviedo, 07 / julio / 2023

Contenido

Resumen.....	2
Abstract	2
Introducción.....	3
1. Contexto. Un repaso a la historia nuclear española.....	4
1.1 Orígenes de la política nuclear española (1948-1962)	4
1.2 Construcción de la red nuclear española (1962-1976)	8
1.3 Periodo democrático y ocaso nuclear (1977-1985)	12
2. Posición y debate actuales	16
2.1 Balance de la evolución de la energía nuclear en España y comparativa con otros países	16
2.2 Política energética nuclear actual en España.....	19
2.3 Percepción social sobre la energía nuclear en España	22
Conclusiones.....	32
Referencias	34

Resumen

La transición energética se ha convertido en un problema cada vez más urgente. La descarbonización y la posible adopción masiva de vehículos eléctricos plantean un nuevo contexto en el que es necesario cambiar nuestra forma de generar energía. Una de las opciones es la energía nuclear, una fuente limpia con un futuro prometedor. Sin embargo, en España contamos con un parque nuclear envejecido y, por el momento, con una fecha de cierre determinada. La hipotética prórroga o renovación de esta energía conllevaría una serie de retos económicos y tecnológicos muy complejos, pero sobre todo implicaría la adopción de un diálogo social, debido a la percepción de alto riesgo que la sociedad tiene sobre esta energía. En este trabajo, nos basaremos en la historia de la energía nuclear en España para analizar algunos de los desafíos a los que se enfrentó la industria, y también examinaremos cuáles son los riesgos que la sociedad percibe en esta energía y en qué medida están fundamentados, algo que nos parece fundamental para empezar dicho diálogo.

Palabras clave: Percepción social del riesgo; Energía nuclear; Transición energética

Abstract

The energy transition has become an increasingly urgent issue. Decarbonization and the possible mass adoption of electric vehicles pose a new context in which it is necessary to change the way we generate energy. One of the options is nuclear energy, a clean source with a promising future. However, in Spain we have an aging nuclear fleet and, for the time being, with a specific closure date. The hypothetical extension or renewal of this energy would entail a series of very complex economic and technological challenges, but above all it would imply the adoption of a social dialogue, due to the high risk perception that society has about this energy. In this paper, we will draw on the history of nuclear energy in Spain to analyze some of the challenges faced by the industry, and we will also examine what risks society perceives in this energy and to what extent they are founded, something that seems to us fundamental to start such a dialogue.

Keywords: Social perception of risk; Nuclear energy; Energy transition.

Introducción

La técnica es connatural al ser humano, es lo que le ha permitido llegar a donde ha llegado. La fabricación de elementos y herramientas para dar forma al mundo según nuestros deseos ha sido fundamental para nuestro progreso hasta el día de hoy. Para lograrlo, ha sido imprescindible el uso y aprovechamiento de fuentes de energía superiores a la capacidad humana. Estas nuevas fuentes energéticas han permitido la construcción de mega urbes y se han convertido en el núcleo de nuestras sociedades. Debido a su importancia, es indispensable encontrar fuentes de energía cada vez más potentes, aunque esto no garantiza necesariamente que estas energías sean las más seguras, limpias o económicas.

En este contexto, a lo largo del siglo XX se experimentó con las primeras fuentes de energía nuclear como un recurso relativamente limpio y seguro, aunque la historia nos ha demostrado que esta afirmación podría haber sido precipitada. La historia de la energía nuclear incluye una serie de accidentes ampliamente conocidos, de los cuales la industria ha aprendido. Se han implementado cambios en la formación de los técnicos, se ha aumentado la digitalización para limitar el error humano y se han establecido regulaciones y medidas de seguridad de manera asombrosa. Sin embargo, todavía debemos preguntarnos si la percepción del riesgo por parte de la población sigue siendo demasiado alta como para continuar apostando por esta forma de energía. Esta pregunta adquiere un interés particular en España, donde, a diferencia de otros países, el cierre de nuestras centrales nucleares ya tiene una fecha establecida.

No obstante, en la actualidad, la energía nuclear se presenta como una opción junto con otras fuentes de energía de bajo carbono que pueden ayudarnos a enfrentar uno de los mayores desafíos energéticos de los últimos años: la transición energética. En este sentido, la energía nuclear podría permitirnos abandonar gradualmente los combustibles fósiles e incluso desempeñar un papel importante en la transición hacia los vehículos eléctricos, lo cual implicaría un aumento significativo en la demanda de electricidad. Para ser coherentes con esta transición, esta demanda debe satisfacerse mediante fuentes de energía con bajas emisiones de carbono, entre las cuales la energía nuclear es una de las más estables a largo plazo, ya que no depende del sol, el viento ni de la liberación de agua de los embalses.

La energía nuclear parece una gran alternativa, pero su implementación requiere superar ciertos obstáculos. Estos obstáculos están relacionados con la viabilidad económica de un proyecto de tal magnitud, dado que los costos de mantenimiento y seguridad son muy altos. También existe una dificultad científico-tecnológica, ya que la energía nuclear de última generación requiere la importación de mucha tecnología. Sin embargo, el factor más crucial, especialmente en una democracia, es la aceptación social de la energía nuclear. En el siguiente artículo mantendremos la idea de que, aunque la energía nuclear presente y futura pueda ser una verdadera fuente de esperanza para afrontar los desafíos energéticos, España enfrenta una serie de características que hacen que la percepción social de los riesgos de este tipo de energía sea inasumible a corto o mediano plazo. Estas características están relacionadas tanto con aspectos económico-tecnológicos como con cuestiones ideológicas en un sentido amplio: la influencia del movimiento antinuclear, el legado franquista de la industria y, sobre todo, una desinformación social que genera un conservadurismo político que rechaza este tipo de energía por motivos electoralistas.

Nuestro objetivo es doble. En primer lugar, realizaremos un resumen de la industria nuclear española para contextualizar las dificultades que enfrentó y analizar los resultados en términos del consumo de energía nuclear en el panorama energético nacional e internacional. En segundo lugar, examinaremos la percepción social de la

energía nuclear en España para entender la opinión de los ciudadanos sobre el equilibrio entre sus riesgos y beneficios. Analizaremos algunos de los factores que pueden influir en esta percepción y evaluaremos si está basada en una opinión informada o desinformada acerca de los verdaderos riesgos de esta energía. Algo que podría ser útil para implementar medidas que promuevan un diálogo social sobre la transición energética, brinden información precisa y promuevan la participación de todas las partes interesadas de manera informada.

Para el siguiente trabajo, utilizaremos principalmente artículos y libros de diversos expertos en la historia de la energía nuclear en España, abordando aspectos económicos, tecnológicos y sociales. Acudiremos al repositorio de boletines oficiales con el fin de recoger algunas de las leyes y planes energéticos relevantes. Además, consultaremos material bibliográfico proporcionado por la Sociedad Nuclear Española y recurriremos a sitios web de instituciones y organismos como el Foro Nuclear o el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Por último, utilizaremos estadísticas sobre la percepción social del riesgo obtenidas del FECYT y emplearemos datos de Our World in Data para la creación de gráficas propias.

Empezaremos, por tanto, con la historia nuclear española. Para ello utilizaremos la periodización propuesta por Rubio-Varas y De la Torre en el artículo "El estado y el desarrollo de la energía nuclear en España", ya que se centra en aspectos más económico-políticos que técnicos. Dividiremos la historia en tres etapas: la primera, de 1948 a 1962, caracterizada por el inicio del proyecto nuclear, seguido de una fase de industrialización y renacimiento posguerra a mediados de los años 50; la segunda, de 1962 a 1976, en la cual la empresa nuclear madura y alcanza su punto máximo; y una tercera etapa, de 1977 a 1985, marcada por un cambio político y económico debido a la crisis del petróleo, lo que desincentivó la industria nuclear.

1. Contexto. Un repaso a la historia nuclear española

1.1 Orígenes de la política nuclear española (1948-1962)

El interés en la producción de electricidad a base de energía nuclear a gran escala se remonta a mediados del siglo XX. El crecimiento del interés en la tecnología nuclear para el uso armamentístico durante la segunda guerra mundial abrió la veda para la investigación de la tecnología nuclear con otros usos, usos pacíficos. Veremos así como, sobre todo, a partir de las conferencias de Ginebra el interés de los distintos países por este tipo de energía vino motivado por conseguir un cierto grado de prestigio internacional en la esfera tecnocientífica, de manera que todos los países querían su centro de investigación nuclear (Caro, 1995, pág.154).

Y es que, pese a que la Segunda Guerra Mundial se acabaría en 1945, también comenzaría un nuevo período de guerra, una guerra en la que el campo de batalla sería la tecnología utilizada como instrumento propagandístico entre diversas ideologías. Esta nueva guerra traería consigo una característica fundamental de la Segunda Guerra Mundial: el secretismo. El régimen franquista, al igual que otros gobiernos, no estaría exento de participar en este secretismo, a pesar de que España no participara en la Segunda Guerra Mundial.

La historia de la energía nuclear en España se inicia el 8 de octubre de 1948, cuando José María Otero Navascués se reúne con los futuros responsables de la Junta de Investigaciones Atómicas. La Junta de Investigaciones Atómicas (JIA) fue concebida como un organismo temporal, cuya existencia debía mantenerse en secreto. No obstante, a medida que se emprendían acciones concretas, era necesario que estas

estuvieran respaldadas por una institución regulada y, preferentemente, con apariencia de carácter privado. De este modo, la JIA fue renombrada como Sociedad Estudios y Proyectos de Aleaciones Especiales (EPALE), la cual daría paso en el futuro a la Junta de Energía Nuclear (JEN), de carácter estatal (Caro, 1995, pág. 31). Esto se debió a que una empresa de tal envergadura ni podía ni debía mantenerse en secreto durante mucho tiempo:

Conforme las actividades de JIA/Epale fueron ampliándose, ya empezaba a ser conocido por determinados medios las actividades reales del organismo, además los contactos internacionales requerían de un interlocutor oficial. Así, se decidió crear la JEN, que absorbía toda la estructura de la JIA/Epale como organismo centralizador de toda la investigación y desarrollo en el ámbito nuclear. (Soler Ferrán, 2018, pág. 20)

Y es que, si bien, la participación privada en el proyecto nuclear iría creciendo a medida que este se fuera desarrollando, la iniciativa y el protagonismo del proyecto, desde sus inicios siempre estuvo en manos del estado. El estado, como es connatural a este tipo de proyectos a gran escala, se ocupó de numerosas funciones, según (De la Torre & Rubio-Varas, 2014, pág. 6) podemos distinguir las siguientes:

- Realizar una legislación adecuada para el proyecto
- Crear empresas y organismos que se repartan las distintas labores de investigación, construcción etc
- Financiar el capital tecnológico, el humano, el intelectual, etc.
- Explotar los yacimientos de uranio y desarrollar los procesos de enriquecimiento
- Construir una infraestructura para la gestión de los residuos radioactivos
- Desarrollar los planes energéticos
- Potenciar la industria nuclear nacional

Como hemos dicho, el papel del estado se materializaría en la JEN, la Junta de Energía Nuclear. Fundada en 1951, sería la base a través de la cual se desarrollarían las distintas labores dedicadas a la investigación, el desarrollo y la organización de la infraestructura. Por ello, esta junta se vio involucrada en prácticamente todo lo relativo a la ciencia y tecnología nucleares, como la física nuclear, la química nuclear e incluso las labores de minería. Además, también se estableció relación con numerosos centros que apoyarían el proyecto, dado la amplitud del mismo y el inmenso número de variables y aspectos a tener en cuenta. En 1955, nacieron varias comisiones asesoras que velarían por la seguridad del proyecto en varios niveles. Cronológicamente, las comisiones fueron las siguientes: Comisión Asesora de Medicina y Biología Animal, Comisión Asesora de Biología Vegetal y Aplicaciones Industriales, Comisión Asesora de Reactores Industriales (CADRI) y Comisión Asesora de Equipo Industrial.

La JEN, desde su creación, tenía como primeros objetivos tanto la obtención de uranio para la fabricación de combustible nuclear, como la construcción de un reactor experimental. Es así como en 1954 se inició la construcción de una de las infraestructuras fundamentales del proyecto nuclear: el Centro Nacional de Energía Nuclear de la Moncloa. En este lugar se llevarían a cabo los estudios sobre el uranio que permitirían la prospección y, posteriormente, la realización de concentrados de uranio en Andújar unos años más tarde, en 1959. La construcción de la infraestructura necesaria para extraer, procesar y fabricar el combustible nuclear abarca largos años de la historia de España. Esto se debe a que la complejidad del ciclo del uranio requiere de una gran infraestructura previa para llevar a cabo todas sus fases (algunas de las cuales ni siquiera se llegaron a realizar en España), según Sánchez & López (2020):

- Prospección minera. Se realiza una investigación del suelo y subsuelo con el objetivo de descubrir yacimientos cuya explotación pueda ser rentable.
- Explotación del yacimiento. Se procede a la extracción del mineral con técnicas mineras convencionales, aunque con controles de seguridad especialmente estrictos. Se separa el mineral, según su radiación, en mineral rico, marginal y roca estéril.
- Trituración de la roca minada, esta posteriormente se somete a disolventes para separar el uranio de la ganga (lixiviación), recuperando el uranio disuelto a través de otros procesos químicos cuyo resultado es el de una torta amarilla de concentrado de uranio (U_3O_8), siendo este un compuesto pobre en el isótopo fisionable U-235.
- Purificación del concentrado de uranio, mediante una serie de procesos químicos, en tetrafluoruro de uranio (UF_4), con el que se hace uranio metálico para su uso en reactores de uranio natural, o bien, hexafluoruro de uranio (UF_6) en estado gaseoso, con el que se hace uranio enriquecido (el más usado en las centrales a nivel mundial).
- Enriquecimiento del UF_6 , es decir, la concentración del isótopo fisionable U-235 (el que libera la reacción en los reactores). Este proceso nunca se ha realizado en España, por lo que el uranio enriquecido siempre ha sido importado desde distintos países.
- Transformación del gas enriquecido UF_6 en polvo de dióxido de uranio (UO_2) compactado en pastillas de 1x1cm.
- Fabricación del combustible: Se introducen las pastillas en unas barras especiales de unos 4 metros y se agrupan entre sí formando elementos de haces cuadrados o hexagonales de aproximadamente 25cm x 4m, ligeramente distintos si su uso va destinado a reactores PWR o BWR.

Tras ello, el combustible está listo para su uso en los reactores. La fisión del dióxido de uranio emite energía térmica, que calienta el circuito de agua del reactor, también conocido como circuito primario. En el caso de los reactores de agua a presión (PWR), esta transferirá el calor mediante conducción a un segundo circuito de agua, lo que provocará la evaporación de este último. Por otro lado, en los reactores de agua en ebullición (BWR), es el agua del circuito primario la que entra en ebullición directamente. Una vez que el combustible pierde eficacia, se retira. Sin embargo, conserva aproximadamente el 95% del uranio enriquecido. Por tanto, existe la opción de reciclarlo para la fabricación de nuevo combustible, o bien desecharlo como residuo nuclear de alta actividad en almacenes temporales centralizados (ATC) o en almacenes geológicos profundos (AGP) de tipo permanente (Foro Nuclear, 2013).

Pero además de la obtención de combustible, la JEN necesitaría adquirir un reactor experimental, que posteriormente sería conocido como "JEN-I" (Soler Ferrán, 2018, págs. 20-21). En el contexto de "Los átomos para la paz" y las conferencias de Ginebra, esto se convertiría en una cuestión de diplomacia.

Dado que esta labor titánica se enmarcaba en un campo novedoso y ambicioso, se requería ayuda a nivel internacional. Sin embargo, en los últimos años de la década de 1940, España no cumplía con los criterios de una sociedad abierta y democrática, y no gozaba de las mejores relaciones internacionales. Por el contrario, el apoyo de Franco a Mussolini y Hitler había llevado al país a un prolongado aislamiento. No obstante, el posicionamiento a favor de Estados Unidos al inicio de la Guerra Fría resultó fundamental para poner fin al aislamiento y facilitar las labores diplomáticas, especialmente a través de los Pactos de Madrid de 1953. Ese mismo año, el famoso discurso de Eisenhower sobre "Átomos para la paz" preparó el terreno para las conferencias de Ginebra y, por tanto, marcó el comienzo de la colaboración internacional

en tecnología nuclear de uso pacífico. En 1955 tuvo lugar la primera Conferencia de Ginebra, seguida de la segunda en 1958, siendo esta última un destacado ejemplo de colaboración internacional. También es importante destacar la entrada de España en el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) en 1957 y en la OECE (posteriormente OCDE) y su Agencia de la Energía Nuclear (NEA) en 1959. Estas agencias brindaron asesoramiento científico-tecnológico de gran relevancia. En este contexto, la actuación y habilidad diplomática de Otero Navascués fue vital, ya que permitió gradualmente la colaboración internacional con diversos países, lo que condujo a un alto nivel de calidad en la empresa nuclear (Caro, 1995, pág. 62-63).

A comienzos del programa, era imprescindible la participación extranjera de grandes empresas tecnológicas. Sin embargo, alrededor de 1957 surgieron las primeras empresas privadas del ámbito nacional: CENUSA, NUCLENOR y TECNATOM. Estas empresas fueron adjudicadas para la construcción y capacitación de las primeras centrales de uso comercial (Caro, 1995, pág. 174).

En relación con esto, cobra importancia el papel del IEME (Instituto Español de Moneda Extranjera), institución que fue fundamental para la financiación exterior del desarrollo industrial hasta su disolución en 1973. El IEME fue una institución creada en 1939 y que desempeñó un papel clave en la autarquía monetaria durante muchos años. Sin embargo, debido a la restricción de la inversión extranjera y el control excesivo de los tipos de cambio, se generaron ciertos problemas económicos, un aislamiento excesivo e incluso la aparición del mercado negro. No obstante, todo esto cambió en 1959, momento en el que se produjo un giro de 180 grados, como lo describen De la Torre y Rubio-Varas:

[...] el Plan de Estabilización de 1959 fue el rubicón que cruzó la política económica del franquismo dejando atrás el lastre de la autarquía e inaugurando una etapa de retorno al mercado que sentó las bases del hipercrecimiento económico de los tres lustros que van de 1960 a 1975 (De la Torre & Rubio-Varas, 2015, pág. 11)

Aunque hay que matizar que el Plan de Estabilización tuvo modificaciones, de manera que su versión definitiva no apareció hasta unos cuatros años después. El IEME jugaría un papel crucial como intermediario entre el gobierno y las empresas privadas nacionales y extranjeras, como Framatome y Westinghouse. La inversión extranjera sería fundamental para obtener la enorme financiación necesaria para llevar a cabo un proyecto tan ambicioso. De este modo, el gobierno podría beneficiarse políticamente de la inversión extranjera y promover un nuevo sello de prestigio internacional: el suministro de energía nuclear. Todo esto sería posible gracias, entre otras cosas, al Plan de Estabilización y a las medidas implementadas por el IEME:

El Programa Nuclear Español fue diseñado entre el sector público y el privado entre 1956 y 1964, es decir, a lo largo de los mismos nueve años en que se liquidó el entramado de la autarquía y se dio paso a la apertura económica bajo un intervencionismo gubernamental de nuevo cuño que brindó a la patronal eléctrica el protagonismo en exclusiva de construir el parque nuclear. El Estado seguiría controlando el marco legal de esa actividad y el mercado explotaría esa oportunidad. (De la Torre & Rubio-Varas, 2015, pág. 102)

Aunque si bien es verdad que el prestigio internacional era un motivo para el nacimiento del proyecto nuclear, fundamentalmente lo que se necesitaba era satisfacer las necesidades eléctricas que el resto de las fuentes de energía no podrían cubrir los próximos años, dado que se preveían altos crecimientos del consumo eléctrico.

En base a la colaboración entre el sector público y privado, el proyecto nuclear comenzó a mostrar sus primeros resultados positivos. En 1958, una década después de su inicio, se logró la primera reacción de fisión en cadena en España, alcanzando el estado crítico de un reactor y logrando así la autosuficiencia energética. Este hito representa el éxito del primer reactor nuclear del país y marca un punto de inflexión en el desarrollo futuro del proyecto, siendo uno de los primeros logros experimentales de la industria nuclear. El reactor en cuestión fue el JEN-I, subvencionado con 350.000 dólares por el Gobierno Americano, gobierno que dispuso de los medios necesarios para su construcción. Ubicado en el Centro de Investigaciones Nucleares de la Moncloa, este fue el primero de los cinco reactores experimentales en España: JEN-I, ARGOS, ARBI, JEN-II y CORAL-I (Caro, 1995, pág. 155). Estos reactores sentaron las bases para el desarrollo de las primeras centrales nucleares comerciales. El éxito de este reactor coincide también con la creación de la Comisión Asesora de Seguridad Nuclear (CASN) en el mismo año. Dado que la industria nuclear comenzaba a Obtener éxitos, era prudente garantizar su seguridad.

Sería en 1961 cuando además España daría otro paso adelante en lo que a investigación se refiere. Este es el año en el que España se uniría a la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN) en donde permanecería hasta 1969, ello debido a que el modo de proceder del a autarquía franquista no acabo de encajar del todo en el organismo europeo. El régimen creía que el CERN debía contratar a los científicos españoles en proporción al aporte nacional a la investigación, en otras palabras, creía en una política de cuotas, algo que era inadmisibile en los criterios de contratación del CERN (Roqué, 2012, pág. 249). Igualmente, los retornos industriales que el CERN debía brindar a sus socios no se repartieron de manera equitativa, lo cual aumento las desavenencias entre el CERN y el régimen (Roqué, 2012, pág. 255). Finalmente, después del fallecimiento de Franco y el proceso gradual de Transición, España se reincorporaría al CERN en 1983, organización en la que continúa participando en la actualidad. (Caro, 1995, pág. 50)

1.2 Construcción de la red nuclear española (1962-1976)

En 1962, comienza una etapa en la historia española en la que la energía nuclear comercial deja de ser solo un proyecto lejano, ya que hasta entonces solo se disponía de reactores experimentales. Un indicio de este avance es la creación del Foro Atómico Español (FAE) en el mismo año. Este foro fue una asociación industrial con forma de grupo de presión o *lobby*, destinada a agrupar los intereses industriales del sector nuclear y promover su inserción en el mercado energético (Sánchez Vázquez, 2010, pág. 96).

Dos años después, en 1964, se establecería el Instituto de Estudios Nucleares, dependiente de la JEN. En este instituto se formarían las mentes científicas para las tareas relacionadas con la industria nuclear del futuro, como parte de una política dirigida a reducir la dependencia del conocimiento extranjero. En este caso, se buscaba reducir la dependencia del capital intelectual importado de grandes centros tecnológicos internacionales, como el CEA (Commissariat à l'Energie Atomique et aux Énergies Alternatives), permitiendo así formar a futuras mentes sin necesidad de estudiar en el extranjero.

Por otro lado, se empezaría el diseño de CORAL-I (Conjunto Rápido I), el primer reactor nuclear rápido de España, también de tipo experimental. Este tipo de reactores rápidos se caracterizan por usar combustibles menos enriquecidos y por tener la capacidad de poder usar como combustible algunos desechos nucleares. Este reactor se construyó entre 1964 y 1967.

Pese a todas estas maniobras, el apartado legislativo era aún una labor pendiente, pues a medida que la empresa iba avanzando, el estado debía ir sentando nueva legislación acorde. Por ello, se aprobaría la Ley 25/1964 sobre la Energía Nuclear (BOE, 1964), la cual tiene por objeto:

- a) Establecer el régimen jurídico para el desarrollo y puesta en práctica de las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear y de las radiaciones ionizantes en España, de manera que se proteja adecuadamente a personas, cosas y medio ambiente.
- b) Regular la aplicación de los compromisos internacionales adquiridos por el Estado en materia de energía nuclear y radiaciones ionizantes.

Vemos por ello que ya en 1964 se empezó a tener cierta consideración por el apartado de la seguridad en la empresa nuclear y no solo por lo concerniente a la salud pública, sino también en lo concerniente a la salud medioambiental. (Romero de Pablos, 2019).

El proyecto no dejaba de avanzar y en consecuencia, se siguieron construyendo más reactores experimentales en los que se pudiera poner a prueba todo tipo de situaciones, como por ejemplo, el JEN-II, siendo en 1967 la primera vez que entra en estado crítico. Ese será el mismo año que la JEN construya las instalaciones para el tratamiento de los residuos de actividad baja y media, su nombre sería el CIES debido a los procesos que se haría en esa misma planta (Cambio de lón, Evaporación y Solidificación) (Caro, 1995, pág. 144)

El año siguiente, en 1968, el reactor CORAL-1 y el reactor de Zorita (el primero de uso comercial) alcanzaron su estado crítico. Se probó la estabilidad y el correcto funcionamiento de Zorita hasta que finalmente, en 1969, tras un largo camino, comenzó la etapa comercial de la energía nuclear en España con esta central. Las primeras centrales comerciales fueron Zorita (también llamada José Cabrera) de 1969 a 2006, seguida por Santa María de Garoña de 1971 a 2012 y finalmente Vandellós-I de 1972 a 1989. Vandellós fue la central que menos tiempo estuvo en activo, ello debido su clausura tras el incendio del reactor en 1989, de manera que los gastos de su restauración no compensaban su puesta en marcha. Tras el accidente el reactor se clausuró permanentemente, afortunadamente no se registraron consecuencias radiológicas tanto dentro de la central nuclear como en su entorno, y no hubo ningún incidente personal. El incendio fue controlado en aproximadamente seis horas. (Caro, 1995, pág. 192):

Como hemos dicho, la construcción del parque nuclear responde al cambio de dirección dado por el régimen, olvidando el aislacionismo y fomentando la inversión extranjera y las nuevas medidas legales y fiscales que resultaron en una cierta liberalización económica del régimen. Pero también entran en juego un numeroso abanico de factores de todos los tipos como el posicionamiento diplomático de España durante la Guerra Fría, y su entrada en numerosas instituciones como la OIEA (Romero de Pablos, 2019, pág. 37). Así mismo el desarrollo del parque nuclear fue complementado por los distintos planes.

En 1969 se aprobó el Plan Eléctrico Nacional 1972-1981, en donde se incrementaría la potencia nuclear y se prepararía la construcción de más reactores: Almaraz I y II, Lemóniz I y II y Asco I y II, además de preverse un aumento de la potencia nuclear en 8000MW (Caro, 1995, pág. 174)

En 1970, la energía nuclear en España vivió un episodio controvertido debido a un incidente ocurrido en la planta del CIES, donde se produjo un vertido accidental de 300 litros de líquidos radioactivos al alcantarillado exterior. Este incidente fue causado por

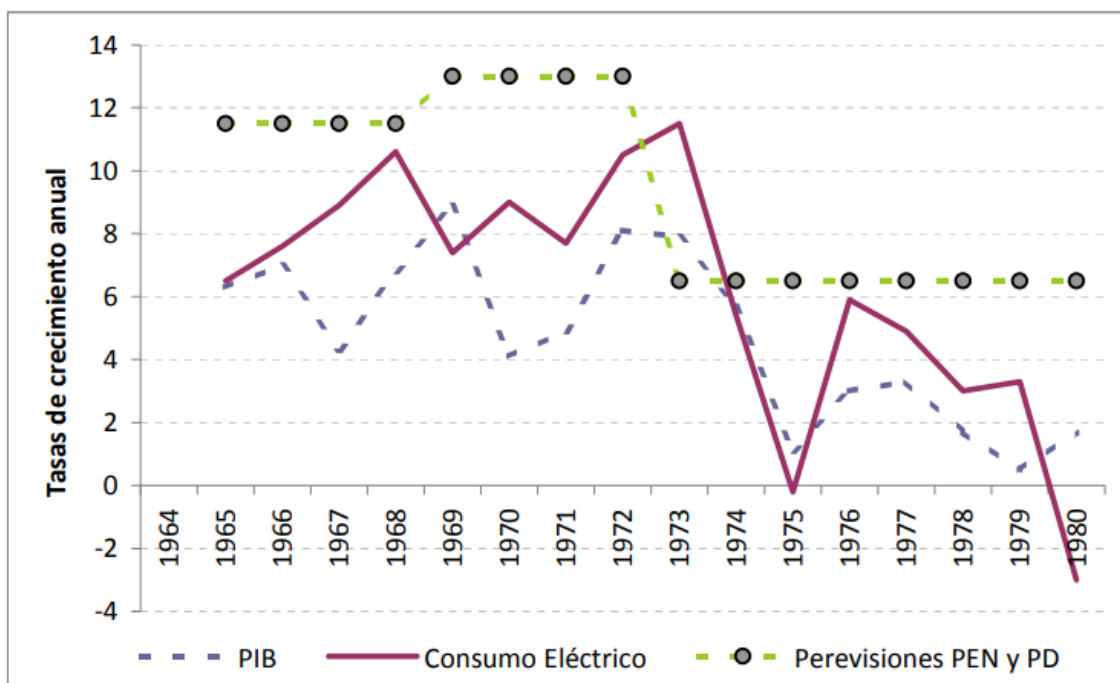
una serie de errores humanos, lo que resultó en que los líquidos contaminados llegaran al río Manzanares, afectando de inmediato los campos de cultivo cercanos. A pesar del daño medioambiental, no hubo víctimas humanas de ningún tipo, ya que los líquidos no eran lo suficientemente contaminantes como para causar daños por radiación. Sin embargo, debido a la naturaleza del régimen político en ese momento, este accidente fue silenciado para evitar alarmar a la población.

Con el crecimiento de la red nuclear comercial, nació la Empresa Nacional del Uranio S.A. (ENUSA) en 1972 empresa que se encargaría de proporcionar combustible nuclear para todas las centrales nucleares que poco a poco se iban construyendo. Dicho combustible provendría de la fábrica de elementos combustibles de Juzbado en Salamanca (Sánchez & López, pág. 128). No obstante, como ya hemos dicho, el enriquecimiento del uranio es un proceso que nunca se llegó a realizar en España, así pues, esta materia prima se importaba desde numerosos lugares del mundo: Estados Unidos, Rusia y empresas como Eurodif y Urenco.

Fue entonces cuando llegó la crisis del petróleo de 1973. Los planes energéticos se vieron trastocados por esta crisis, motivada por la guerra del Yom Kipur, en la cual el enfrentamiento entre países árabes e Israel, apoyada por Estados Unidos, ocasionó que la coalición árabe redujera significativamente su producción de crudo. Sin embargo, esta crisis ocurrió en un momento en el que la energía nuclear ya estaba en funcionamiento y mostraba buenos resultados. Por tanto, como respuesta a esta crisis, se produjo un auge y una apuesta por la energía nuclear como la forma más adecuada de hacer frente a dicha situación. Por ello, a partir del año 74, el país se preparó para una nueva ola de proyectos nucleares, en la que participaría la empresa “Empresarios Agrupados”, entre sus proyectos: Sayago, Santillán. Regodola, Vandellós II y III, Valdecaballeros I y II y Trillo I y II, etc. (Caro, 1995, pág. 348)

Debemos recordar que el petróleo desempeña un papel crucial no solo en la generación de electricidad, sino también en la fabricación de combustibles para diversos vehículos, la producción de aceites y la producción de plásticos. Por lo tanto, la crisis de 1973 tuvo un impacto significativo en la economía nacional, ya que se produjo una marcada disminución en la demanda energética, como podemos ver en el siguiente gráfico. Y, aunque existen otras formas de obtener energía eléctrica, no había alternativas viables para los usos mencionados anteriormente. Como resultado, la energía nuclear se convirtió en el enfoque principal para abordar esta situación.

Ilustración 1. Tasa de crecimiento del consumo eléctrico (De la Torre & Rubio-Varas, 2014)



Fuentes: García Alonso (1984), Planes Energéticos Nacionales y Planes de Desarrollo.

Esta nueva época que se abriría para la industria nuclear, en un contexto en el que la balanza energética se decantaba por este nuevo tipo de energía dio paso a una legislación nueva, a una nueva planificación energética. Se contemplo así el plan energético de 1975, el cual “tenía dos ideas básicas declaradas, se perseguía, en primer lugar, alinearse con los países occidentales en su respuesta al shock petrolífero; y en segundo lugar, reafirmar la necesidad de una planificación integral para hacer frente a la crisis” (Cuervo Mir, 1999, pág. 162)

Así pues, en 1975, el plan energético nacional se modificó para dar prioridad a la energía nuclear en detrimento del petróleo, previendo que con el tiempo se podría alcanzar una capacidad nuclear de hasta 21,7 GW, según el Decreto 175/1975, de 13 de febrero, sobre régimen de concierto en el sector eléctrico (1975):

Los últimos acontecimientos ocurridos en el sector de la energía aconsejan disminuir la participación del petróleo en los abastecimientos básicos, sustituyéndolo hasta donde sea posible por otras clases de energía de disponibilidad menos incierta y de un coste para el país igual o menor. Por ello, se considera necesario [...] acelerar el desarrollo de la energía nuclear por las ventajas de economía, por su menor incertidumbre en los suministros de energía primaria y por su leve incidencia en el nivel de contaminación exterior.

Podríamos marcar 1975 como el año en el que el interés por la energía nuclear es más alto por toda esta combinación de contextos técnicos y geopolíticos. Por ello mismo, ese mismo año, se daría carta verde a la construcción de dos nuevas centrales nucleares, la de Cofrentes y la de Ascó, aun hoy en funcionamiento, aunque no por mucho tiempo.

Del impulso nuclear dado a mediados de 1970 se construirán los reactores que aún tenemos en funcionamiento hoy en día

Ilustración 2 Reactores puestos en funcionamiento en la década de los 80

Año de inicio de actividad	Central	Reactores	Tipo
1981	Almaraz	Almaraz I	PWR
1983	Almaraz	Almaraz II	PWR
1984	Cofrentes	Cofrentes	BWR
1984	Ascó	Ascó-I	PWR
1986	Ascó	Ascó-II	PWR
1988	Trillo	Trillo	PWR
1988	Vandellós*	Vandellós-II	PWR

*Se añade un nuevo reactor

Sin embargo, la oportunidad de negocio que abrió la inversión extranjera llevo a una sobredimensión de la industria nuclear. Se sobreestimó la futura demanda de electricidad proveniente de la energía nuclear previéndose en los planes de desarrollo tasas de crecimiento de la demanda del 11,5% e incluso mayores, estimaciones que estaban muy por encima del crecimiento real de la demanda eléctrica, como vemos en la ilustración 1 (De la Torre & Rubio-Varas, 2014, pág. 18) Esta situación tendría una repercusión muy negativa con respecto a la construcción de futuros reactores.

Tras la muerte de Franco en 1975 la incertidumbre política se dispara, no existe un heredero claro del franquismo, empieza así la Transición. Este periodo abarca desde la muerte de Franco hasta el triunfo electoral del PSOE en 1982, periodo en donde nace formalmente la democracia española, una forma de gobierno que contaría con unas reglas de juego distintas a las del régimen franquista. Todo ello en un contexto en el que la crisis energética implicaría cambios drásticos en las formas de producción, además de unas políticas de modernización industrial que llevarían a protestas sociales durante la década de los 80.

1.3 Periodo democrático y ocaso nuclear (1977-1985)

En 1978 ETA realiza un atentado mortal en la central nuclear de Lemóniz y repetirá otro en 1979. Con ello la popularidad de la energía nuclear en España cae, al mismo tiempo que se dispara la percepción social del riesgo nuclear (pese a que la razón fuera externa al funcionamiento propio de la central nuclear). Ello, sumado a la popularidad del movimiento antinuclear internacional se traduce en una demonización de la tecnología nuclear en general y de la energía nuclear en particular.

En 1978 el gobierno de la UCD redactó un nuevo plan adaptado a las circunstancias económicas del momento, pues debido al cambio de régimen se creó una situación de incertidumbre y desaceleración, por ello, aunque redujo la potencia energética, mantuvo la necesidad de construir los reactores aprobados hasta el momento. El año siguiente, en 1979, el Congreso aprobó el plan con la oposición del PSOE, esta oposición vendría motivada por un accidente nuclear ese mismo año (Caro, 1995, pág. 224). Y es que no es para menos, ya que el 28 de marzo de 1979, ocurre uno de los mayores accidentes en materia nuclear de la historia, el accidente del *Three Mile Island* (TMI-II), un accidente cuya descontaminación duró 12 años. En este contexto es comprensible el temor sufrido en la época, aunque a pesar de todo el edificio de contención funcionó correctamente, impidiendo un desastre medioambiental.

Esta corriente provoca que en la España de finales de los 70, una España recién incorporada a las dinámicas de gobierno democráticas y a la soberanía popular, la postura antinuclear se convierta en un activo político con el que concuerda una

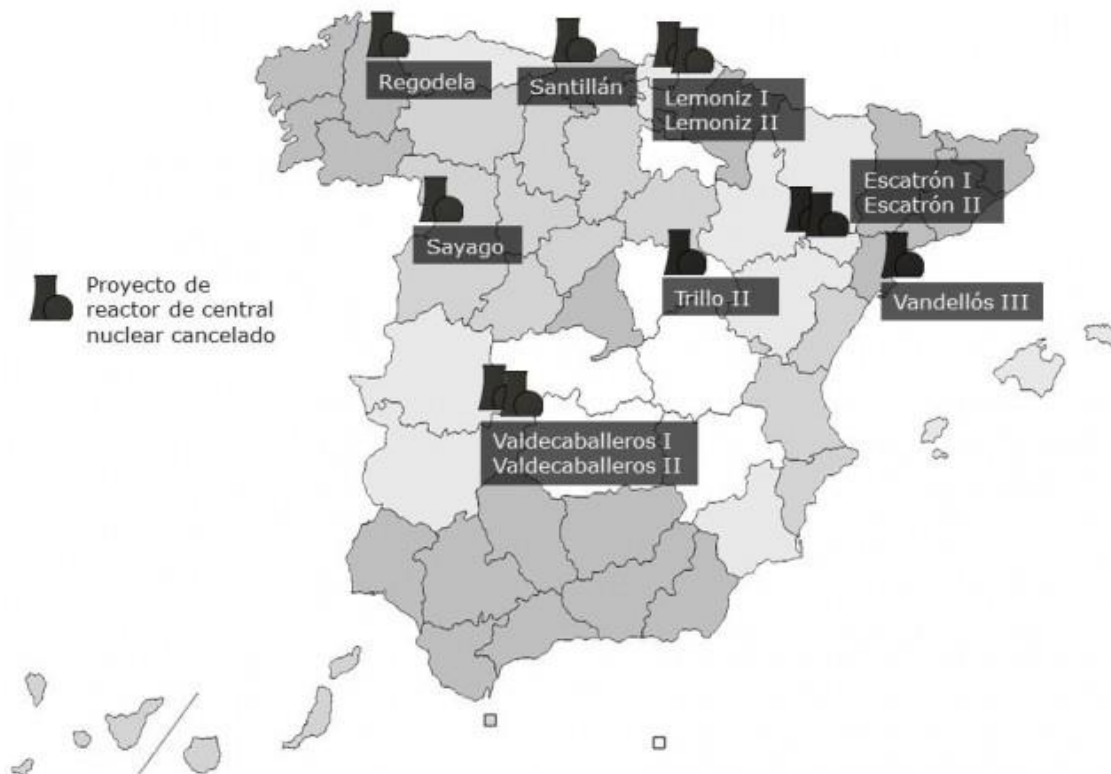
importante parte de la población. De esta manera, algunos partidos en la órbita de la izquierda empiezan a autodenominarse partidos antinucleares. Esta postura ideológica se alinea con partidos políticos escorados a la izquierda de otras naciones. Sin embargo, no hay que reducir el apoyo o la oposición a este tipo de energía a una cuestión de derecha o izquierda, pues aunque es cierto que haya ciertas tendencias políticas más o menos alineadas con el aspecto nuclear, realmente encontramos defensores y detractores de este tipo de energía con independencia de la ideología política que posean. También es verdad que en España, dado que la iniciativa de la energía nuclear ha sido abanderada por el régimen, su negación implica una cierta negación de la herencia franquista que se alinea en mayor medida con los partidos en la órbita de la izquierda.

El plan firmado por UCD en 1978 duró poco tiempo intacto, pues en 1982 el PSOE gana las elecciones por mayoría absoluta, y debido al movimiento antinuclear y los eventos ocurridos en la central de Lemóniz y en el TMI-2, abanderará en su programa una reforma de progresiva desnuclearización. Así, con el PEN 83, empieza lo que se llamaría la moratoria nuclear, una política que paralizó y canceló la construcción de algunos de los reactores cuya construcción ya se había aprobado como Valdecaballeros I y II, Lemóniz I y II Trillo II, Regodola I y Sayago I, y redujo la potencia nuclear instalada a 7,7 GW (Caro, 1995, pág. 106).

Sin embargo, los motivos de la moratoria nuclear no se detienen aquí, pues, durante la fiebre de la construcción nuclear a mediados de los años 70, muchas centrales acabaron constando mucho más de lo que se había planificado, resultando en una enorme deuda que empeoró durante la denominada reconversión industrial, así pues, con el inicio de la crisis de inicios de los 80 la demanda energética cayó (como podemos ver en la ilustración 1) dejando una deuda impagable que fue aliviada por la compensación económica dada por el gobierno a las empresas con motivo del cierre de

las centrales. Dicha compensación fue realizada a través de recargos aplicados a la factura de la luz de los consumidores, un recargo que duró de 2006 hasta 2015.

Ilustración 3. Centrales nucleares que nunca se pusieron en funcionamiento (Iglesias, 2015)



Sin embargo los problemas energéticos derivados del petróleo eran aun palpables, y es por ello por lo que se optó por otra alternativa:

La sustitución de petróleo por carbón en generación eléctrica se convirtió, por tanto, en lo más relevante, y no se esperó a un futuro más nuclear, debido a las incertidumbres que producía esta opción energética: rechazo social, mercado español muy limitado y plazos de construcción excesivamente largos. (Cuerdo Mir, 1999, pág. 170)

Los efectos de la moratoria nuclear siguen presentes hoy en día, aun a pesar de los años y los distintos gobiernos, posiblemente porque el resurgir de la energía nuclear no sea una propuesta que convenza a los votantes en su inmensa mayoría, es decir, no es un plan que ofrezca rédito electoral, ya que como veremos más adelante, aún hoy, la percepción social de la energía nuclear sigue siendo muy negativa. Hay que añadir que la dirección de las políticas energéticas nacionales en contra de la energía nuclear no es solo una cuestión de rédito electoral, sino que hay que ligarlo con las reformas económicas que atravesarían la totalidad de la estructura industrial española, hablamos de las reformas de liberalización energética e industrial:

Aunque el PEN-83 establece la moratoria nuclear, el problema nuclear fue acumulando problemas. La moratoria nuclear paralizaba las inversiones y los ingresos futuros derivados de su futura explotación comercial, por lo que se alteraban considerablemente las decisiones de inversión de un sector muy intensivo en capital (Cuerdo Mir, 1999, pág. 173)

Si bien es cierto que la industria nuclear se desarrolló gracias a la liberalización del sistema económico que reemplazó al anquilosado sistema autárquico en 1959, el parque nuclear, construido en gran parte con capital privado, siempre estuvo bajo la influencia del régimen a través del aparato legislativo y su intervención mediante el Plan Energético Nacional (PEN). Sin embargo, con la llegada de la democracia y la entrada en la Unión Europea, esta situación cambió, aunque el estado sigue desempeñando un papel importante en las labores de seguridad y prevención de riesgos.

[...] la planificación energética basada en el servicio público, la concesión administrativa y la autorización previa comenzó a resquebrajarse al entrar en los años noventa. El Mercado Único Europeo exigía de sus socios un progresivo alejamiento del Estado de la actividad económica productiva, tanto por la vía de la intervención como por la vía de la regulación. [...] se puede concluir que lo sustancial de cuarenta años de planificación energética (1959-1998) ha acabado. (Cuerdo Mir, 1999, pág. 176)

Podríamos decir que el cierre final simbólico de la iniciativa franquista con respecto al desarrollo de la empresa nuclear española se produjo en 1986 con el renombramiento de la Junta de Energía Nuclear como Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT). En este cambio de nombre, el adjetivo "nuclear" desapareció por completo, al igual que sus competencias. Además, en ese mismo año se creó ENRESA, la empresa encargada del manejo y disposición de los residuos nucleares.

A partir de entonces, comienza una nueva etapa en la historia nuclear española, una etapa que, aun a pesar de la paralización de la construcción de futuras centrales, la industria sigue siendo un estandarte de la innovación y el desarrollo y, por tanto, un sector tecnológico de alta calidad que sigue en alza. Por ello vemos que la industria nuclear española se ha convertido en un referente mundial, con influencia en más de 40 países y ofreciendo servicios en toda la cadena de valor nuclear. Resulta llamativo que una industria nacional tan capacitada esté desempeñando labores de apoyo y asesoramiento en la puesta en marcha de centrales en todo el mundo, mientras que en España la puesta en marcha de dichas centrales parece ser un desafío, no solo por cuestiones tecnológicas y económicas, sino también, e incluso puede que más importante, razones sociopolíticas. Ello porque la participación ciudadana es fundamental para la adopción de estas energías pero no parece que la información sea suficiente para que dicha participación se materialice en un diálogo crítico.

Hemos comentado algunos de los planes más importantes con respecto a la cuestión nuclear. Sin embargo, para mayor claridad, y para finalizar esta primera parte dedicada a la historia de la industria nuclear española, ofreceremos a modo de esquema una tabla en la que se vean los distintos planes energéticos puestos en marcha desde el Plan de Estabilización que convirtió el panorama industrial español¹. Podremos dividir los planes energéticos en dos etapas: los planes instaurados durante la dictadura y los planes instaurados durante la democracia. Esta división respondería al viraje político dado, sobre todo, por el partido socialista tras llegar al gobierno en 1982. Tomando una dirección que se ha mantenido durante los años, conocemos esta etapa como "moratoria nuclear".

Según Avilés Trigueros & Antonio Santos (2021), Miguel Cuerdo Mir (1999) y el MITECO (s/f. Planificación energética), nos encontramos con los siguientes planes:

¹ . Hemos preferido ubicar esta tabla al final de esta primera parte para no entorpecer la lectura ni confundir su hilo cronológico.

Ilustración 4. Planes energéticos (1954-2021)

Plan de Electricidad.	1954
Plan Eléctrico Nacional.	1972
PEN (Plan Energético Nacional)	1972
PEN.	1975
PEN.	1978
PEN.	1983
PEN.	1991
Planificación de los sectores de electricidad y gas. Desarrollo de las redes de transporte	2002
Planificación de los sectores de electricidad y gas. Desarrollo de las redes de transporte. (Revisión)	2005
Planificación de los sectores de electricidad y gas. Desarrollo de las redes de transporte.	2008
Planificación energética. Plan de desarrollo de la red de transporte de energía eléctrica.	2015
Plan de desarrollo de la red de transporte de energía eléctrica 2021-2026.	2021-2026

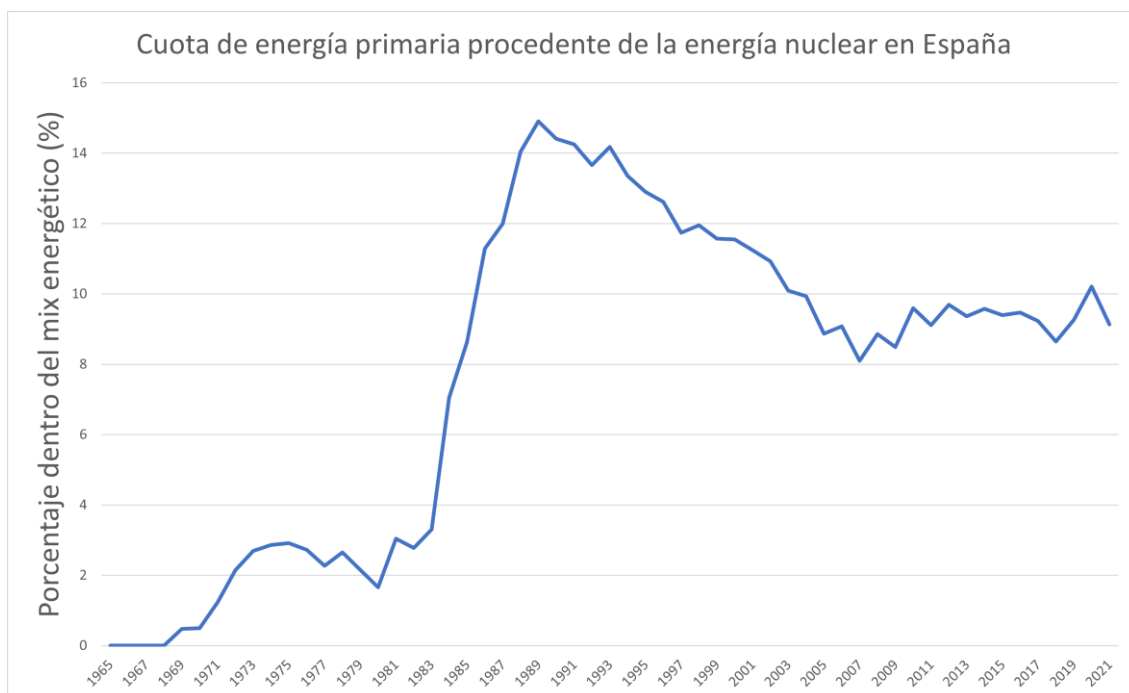
2. Posición y debate actuales

2.1 Balance de la evolución de la energía nuclear en España y comparativa con otros países

La energía nuclear ha sido y sigue siendo hoy en día una energía cuyo desarrollo lleva muchos años desde el diseño de cada reactor hasta la puesta en funcionamiento comercial de este, y aún más años hasta su cierre. Es una energía que requiere materiales complejos, mentes brillantes e inversiones gigantescas, es esta dinámica la que conlleva que este tipo de energía vaya cambiando de rumbo a lo largo de los años, en función de cómo cambien los tiempos y cómo debemos adaptar nuestras necesidades energéticas a ellos.

Por ello, pasaremos a ver una serie de graficas que permitan una mejor visión de la evolución de la energía nuclear en España.

Ilustración 5. Cuota de energía primaria procedente de la energía nuclear (elaboración propia a partir de Ritchie, Roser, & Rosado, 2022)

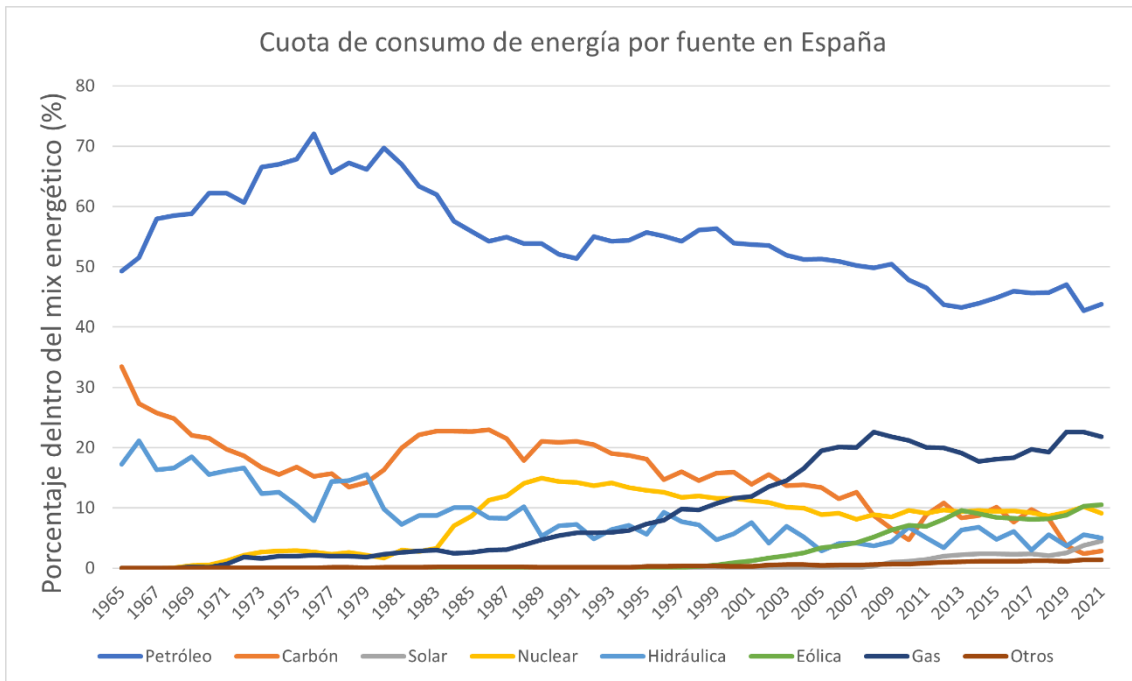


Este grafico corresponde al consumo porcentual de energía nuclear dentro del mix energético de España desde 1965 hasta 2021, aunque para facilitar su observación presentamos en primer lugar el grafico correspondiente a la energía nuclear en solitario, su lugar con respecto al resto de energías lo reservamos para el siguiente gráfico.

Podemos observar que la generación de energía nuclear experimenta un crecimiento inicial a principios de los 70, coincidiendo con la puesta en marcha de las centrales nucleares de Zorita (1969), Garoña (1971) y Vandellós (1972), cada una equipada con un reactor. La crisis del petróleo en 1973 desencadena la planificación de algunos de los reactores antes mencionados, poniéndose sucesivamente en marcha a lo largo de los años 80. Tras estas políticas y una vez construidos los reactores, la generación de electricidad se estabilizaría. Por ello mismo veremos que la implementación de energías renovables, el cierre de algunos reactores y algunos picos de generación de electricidad a través del combustible fósil provocan una menor participación de la generación de energía nuclear en el cómputo global a medida que pasan los años.

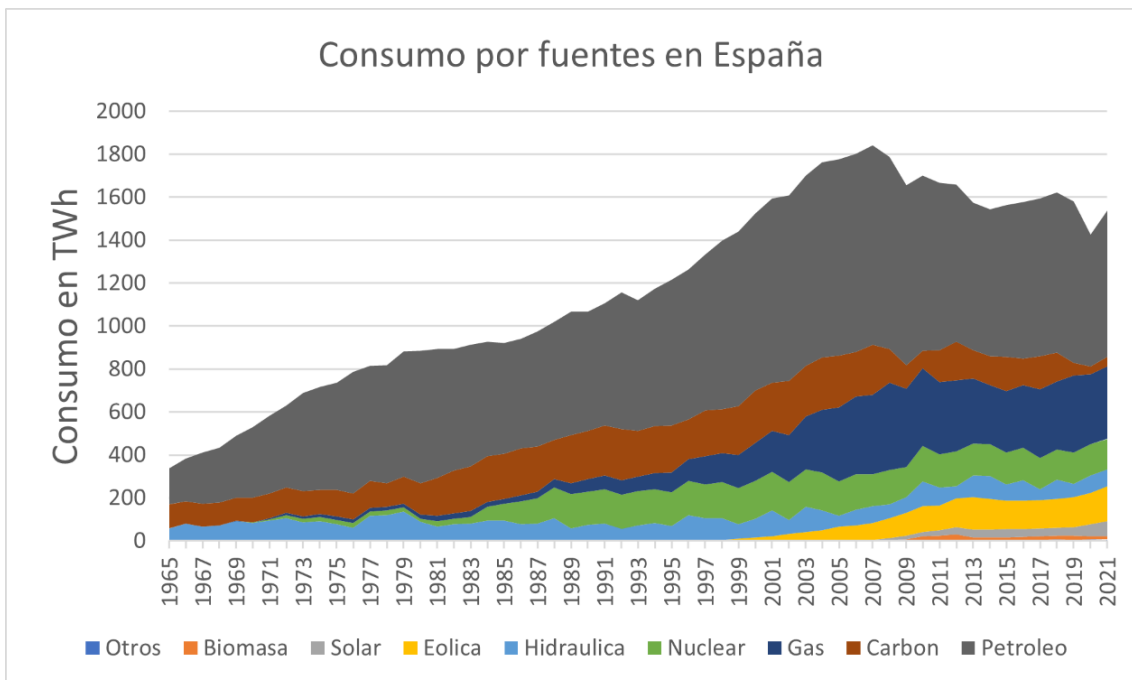
Vemos en la ilustración siguiente el porcentaje de energía consumida de todas las fuentes de energía en el mix energético, de manera que podemos ver el consumo de energía nuclear con respecto al resto de energías.

Ilustración 6. Porcentaje del consumo de energía por fuente, España (elaboración propia a partir de Ritchie, Roser, & Rosado, 2022)



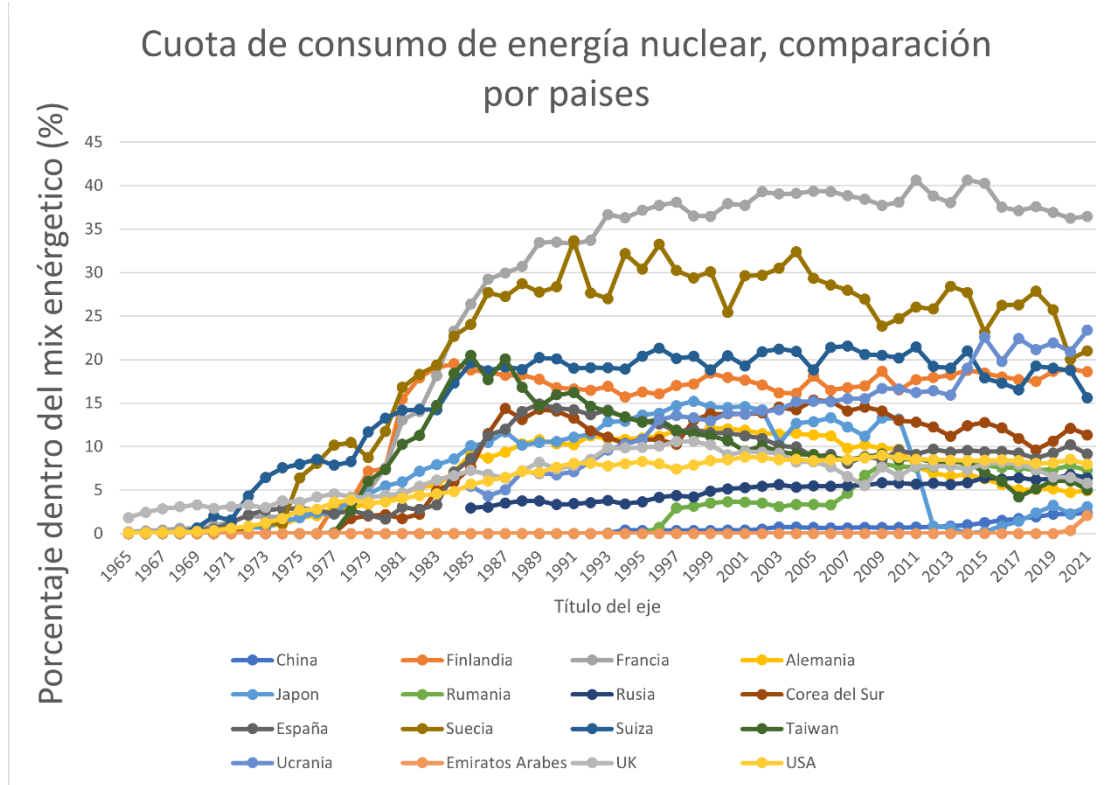
En la siguiente ilustración vemos una gráfica que a modo de complemento, nos muestra el consumo de energía en teravatios por hora de cada uno de los tipos de energía

Ilustración 7. Consumo de energía por fuente, España (elaboración propia a partir de Ritchie, Roser, & Rosado, 2022)



Veamos ahora una pequeña comparación del consumo de energía nuclear consumida en el mix energético de varios países:

Ilustración 8 Cuota de consumo de energía nuclear, comparación por países (elaboración propia a partir de Ritchie, Roser, & Rosado, 2022)



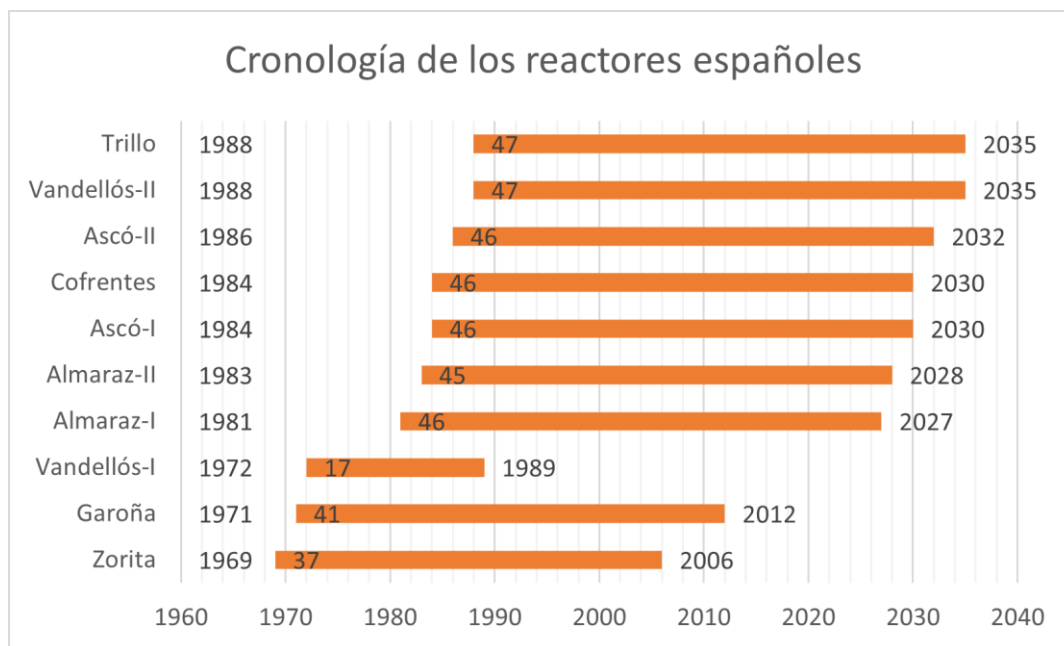
Vemos en primer lugar a Francia, siendo el país que mayor uso hace de la energía nuclear en términos relativos, aunque no sea el país con más centrales nucleares, ya que Estados Unidos ocupa ese lugar. Sin embargo, la relación entre el tamaño de Francia y su número de centrales es lo que lleva a estos porcentajes tan altos de energía nuclear en el cómputo total de la energía. Tras Francia, se encuentran varios países de Europa, la mayoría de ellos no supera el 20% de energía nuclear en su mix energético. En este contexto, España se encuentra ubicada en un punto medio, con un poco más del 10% de energía nuclear en su mix energético, aunque como veremos, esta situación cambiará pronto, ya que el fin del parque nuclear español tiene una fecha determinada. Cabe destacar la caída en el uso de energía nuclear en Japón, motivada por el accidente de Fukushima. Por último, es importante mencionar que la estadística abarca hasta 2021, en 2023 ya no queda un solo reactor en funcionamiento en Alemania.

2.2 Política energética nuclear actual en España

Actualmente la política energética en España va por el camino de la desnuclearización, siguiendo, el camino de Alemania que, como ya se ha dicho, a principios del año 2023 no posee ni un solo reactor en funcionamiento.

En 2019 las eléctricas negociaron con ENRESA el cierre de los reactores nucleares en un periodo de tiempo que irá de 2027 hasta 2035 con la total finalización de la energía nuclear en España. Esta desnuclearización empezará en 2024 otorgando una de las ultimas renovaciones hasta final del cese de la actividad a la central de Trillo. De este modo, se planea el apagón total de los reactores nucleares de manera que cumplan con una vida en funcionamiento de unos 46 años aproximadamente:

Ilustración 9 Cronología de los reactores españoles (elaboración propia a partir de MITECO. s/f. Centrales Nucleares en España)



Todo ello aun a pesar de las presiones de Francia sobre la UE para que este organismo, finalmente en 2022, considerase la energía nuclear como una energía verde y por tanto compatible con el programa de transición energética.

A este respecto, cabría preguntarnos: ¿Está España condenada a seguir el camino de Alemania o podría experimentar un renacimiento en el uso de este tipo de energías? Esto implicaría no solo extender la vida útil de las centrales existentes, sino también apostar por la construcción de centrales de última generación, como los reactores SMR (Small Modular Reactor), más pequeños y capaces de ser distribuidos en varios lugares de España. Si el proyecto nuclear español surgió gracias a una combinación de factores, ¿no podrían darse las circunstancias ideales para un nuevo proyecto nuclear?

Es posible. El panorama energético está cambiando con la adopción progresiva de vehículos eléctricos, la transición energética cada vez más relevante y los cambios geopolíticos que convierten a la energía en un nuevo arma. Sin embargo, en España existe una percepción social, según la cual, la energía nuclear, debido a su factor de riesgo, no debería considerarse como una alternativa a los combustibles fósiles, sino que debería desaparecer junto con ellos. Esta percepción se debe en gran medida al desconocimiento y la desinformación generados por el sensacionalismo, el activismo antinuclear y en un lugar más secundario, los medios audiovisuales de entretenimiento. A este respecto podemos nombrar algunos productos audiovisuales que se fundamentan o que añaden a su narrativa el factor de la catástrofe nuclear, entre ellos, Godzilla, los Simpsons o la famosa serie Dark. Por el lado del sensacionalismo, brevemente podemos mencionar un episodio ocurrido en 2002, cuando el grupo “Ecologistas en Acción” denunció la aparición de un pez con graves alteraciones

genéticas cerca de Garoña, lo que resultó ser una invención como ellos mismos admitieron, para “dar un golpe de efecto” (EFE, 2002). Por otro lado tenemos a la ONG Greenpeace, de la que hablaremos después, como una organización con mucho peso cuyo discurso puede ser determinante en el debate público, una organización que suele usar la catástrofe de Chernóbil acriticamente como argumento contra cualquier iniciativa nuclear: “Treinta y cinco años después, mientras los científicos aún estudian las consecuencias del desastre de Chernobyl, los gobiernos y las empresas están sentando las bases para nuevos accidentes nucleares.” (Greenpeace. s/f. ¿Necesitamos un nuevo Chernobyl?).

Ante esta situación, los expertos realizan labores de educación social, manifestando a la ciudadanía los riesgos reales de esta tecnología desde la metodología probabilística y el conocimiento científico informado, sin embargo parece que la ciudadanía mantiene un balance negativo sobre la percepción de los riesgos en materia nuclear, como veremos más adelante:

Hacia 1995, los gestores observan que el riesgo percibido por la sociedad prevalece sobre el riesgo calculado por los expertos y se inicia una apertura hacia la información y participación del público en los procesos de decisión. Se habla de la etapa ética, porque tal proceso depende del mantenimiento de un dialogo racional entre todas las partes, basado en el comportamiento ético (Alonso, 2004, pág. 41)

Cambiar esta situación parece muy difícil y requeriría un esfuerzo de educación a nivel social muy grande para brindar información precisa y actualizada sobre los verdaderos riesgos y beneficios de este tipo de energías. De hecho, algunas partes de la sociedad perciben riesgos que ni siquiera son realistas en relación a este tipo de energías, como por ejemplo el peligro de un accidente radiológico de origen terrorista o el peligro de vertidos radiactivos durante su transporte.

Hace falta para completar este apartado, conocer la opinión de nuestros principales políticos con respecto a esta situación. En primer lugar, el PSOE mantiene su postura antinuclear, afirmando que el cierre de todas las centrales nucleares se mantendrá y se invertirá en energías renovables. Según palabras de Pedro Sánchez: "No nuclear y no centrales térmicas" (Europa Press, 2022). Esto sugiere que ambas formas de energía se consideran peligrosas, sucias o al menos perjudiciales.

En segundo lugar tenemos al PP, cuyo presidente se muestra algo más abierto ante la energía nuclear. Feijoo sugiere que podría extenderse algo más su funcionamiento precisamente debido a la declaración a nivel europeo según la cual la energía nuclear forma parte de las energías verdes debido a sus bajas emisiones de carbono (SNE, 2022,). Sin embargo debemos recordar que estamos viviendo en un panorama político en el que ya es muy difícil ver mayorías absolutas, por el contrario, las decisiones a nivel parlamentario ahora necesitan de una gran cantidad de acuerdos y coaliciones, y no parece que haya muchos más partidos que tengan la misma alineación que el PP respecto a la energía nuclear, sino más bien todo lo contrario. Lo cual no nos debe distraer del hecho de que las medidas de Feijoo son realmente conservadoras y en absoluto significan ni mucho menos, un renacimiento nuclear.

De todo esto se deriva que, hasta el cierre efectivo del parque nuclear español la política energética consiste en el mantenimiento de la infraestructura y la creación de futuros cementerios nucleares de tipo ATC y AGP, para el almacenado de los residuos de las centrales existentes, además del fomento de programas de I+D por parte del CSN y otras plataformas como CEIDEN a nivel nacional o la OIEA a nivel internacional:

En materia de generación de energía nucleoelectrica, los objetivos se dirigen fundamentalmente al mantenimiento del parque nuclear en condiciones óptimas de seguridad y fiabilidad, la progresiva unificación en su gestión, la permanente puesta al día de los equipos que operan las centrales nucleares, así como la ejecución de programas de I+D en gestión de vida útil y materiales, métodos y códigos de termohidráulica, accidente severo y Análisis Probabilista de Seguridad (APS), etc. (MITECO, s/f. Energía: Objetivos)

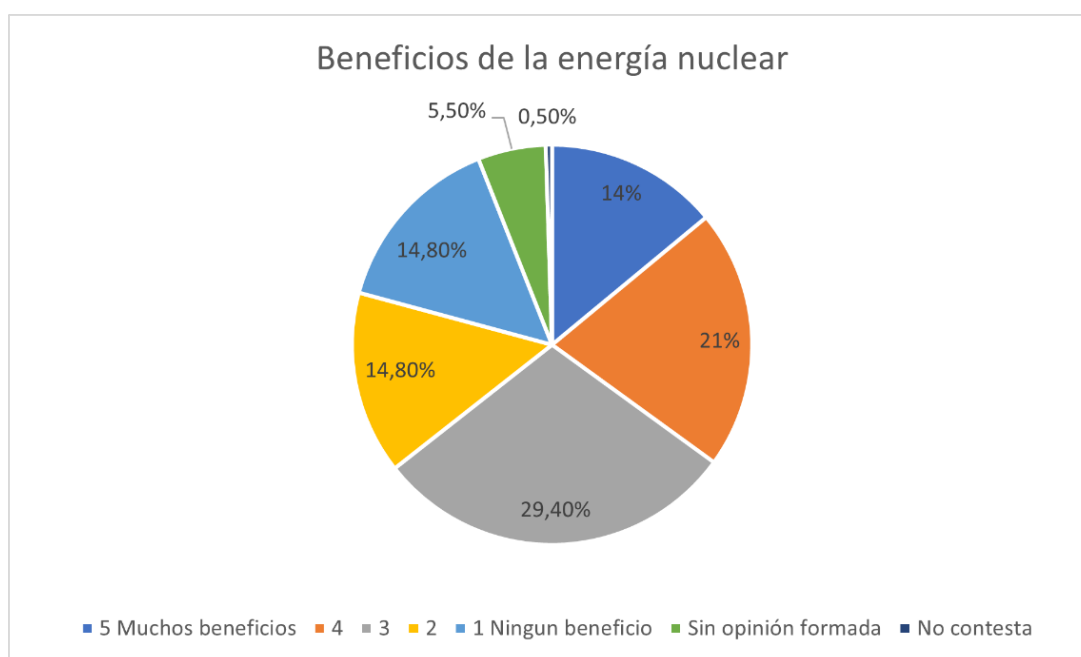
2.3 Percepción social sobre la energía nuclear en España

La percepción social de la energía nuclear es un tema de gran importancia, ya que refleja el apoyo o la disconformidad que la sociedad tiene hacia la implementación de esta energía y, por tanto, es fundamental para su éxito. La primera vez que se preguntó a la población española sobre su opinión acerca de la energía nuclear fue durante la dictadura, en 1975. En dicha encuesta, un 45% mostraba indiferencia, un 20% mostraba apoyo y un 35% se mostraba en contra. En 1988, después del accidente de Chernóbil, se realizó otra encuesta en la que los resultados mostraron que el 35% de los encuestados mostraba desconocimiento, un 17% mostraba apoyo y un 47% mostraba rechazo.

Con el paso de los años, esta tendencia se hizo más evidente. En el Eurobarómetro de 2010, se observa que el 73% de los encuestados españoles afirman que la presencia de centrales nucleares es un riesgo muy importante. Posteriormente, una encuesta realizada por el Foro Nuclear Español ofrecía datos según los cuales el 60% de la población se mostraba en contra de esta energía (Espluga Trenc et al., 2017). Por ello, nos disponemos a ver las últimas estadísticas sobre la percepción social de la energía nuclear.

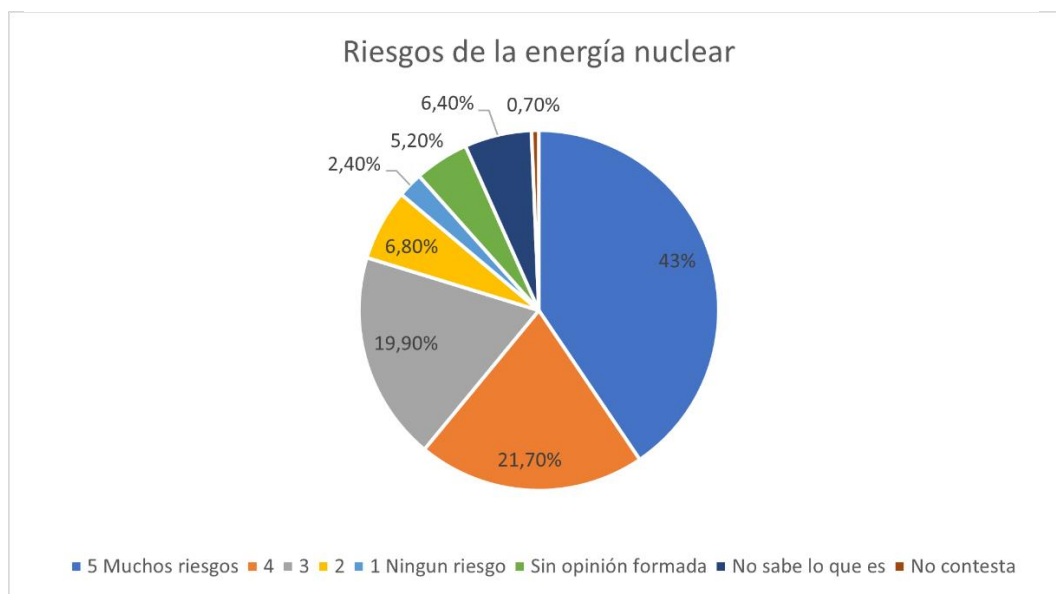
Según las encuestas del FECYT realizadas recientemente, en la ciudadanía no encontramos un consenso claro sobre los beneficios en la energía de origen nuclear.

Ilustración 10 Beneficios de la energía nuclear (elaboración propia a partir de FECYT, 2022)



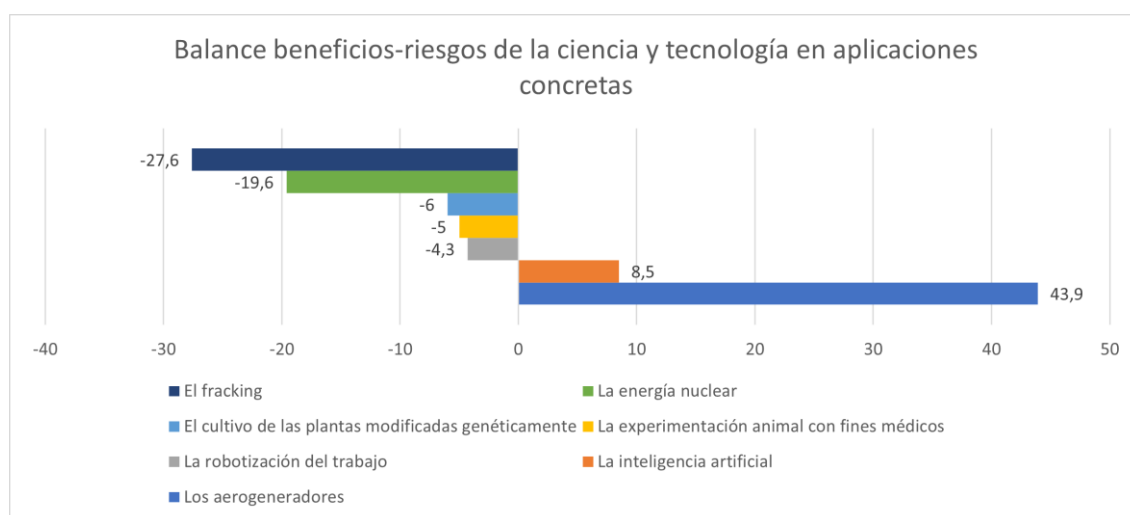
Sin embargo, lo que sí encontramos es una clara conciencia social de que la energía nuclear conlleva altos riesgos:

Ilustración 11 Riesgos de la energía nuclear (elaboración propia a partir de FECYT, 2022)



Es por ello por lo que si hacemos el balance entre los riesgos y beneficios de la energía nuclear y lo comparamos con el balance en otras aplicaciones tecnológicas, la energía nuclear sale muy mal parada, solo por encima del *fracking*:

Ilustración 12 Balance beneficios-riesgos de la ciencia y tecnología en aplicaciones concretas (elaboración propia a partir de FECYT, 2022)



Para ver de qué factores puede proceder dicha percepción social, nos proponemos ahora revisar algunos de los aspectos que más pueden influir en la percepción social de esta energía. La percepción social con respecto a la energía nuclear es una cuestión multidimensional. Según Espluga Trenc et al. (2017), los distintos factores que influyen en la percepción social de la energía nuclear pueden ser recogidos bajo las siguientes dimensiones:

- Dimensiones socioculturales: incluyen factores relacionados con la teoría cultural del riesgo, como la variabilidad de la percepción de los riesgos y beneficios en relación con la adhesión a ciertas creencias y grupos, y el paradigma psicométrico², que implica el cálculo del riesgo y el beneficio en función de ciertos supuestos hipotéticos mentales.
- Dimensiones político-institucionales: están relacionadas con el contexto social en el que se mide dicha percepción, como la confianza y la dependencia institucionales, entre otros.
- Dimensiones económicas: incluyen factores como la creación de empleo, la generación de nuevos negocios relacionados con la industria y también las ganancias y pérdidas económicas derivadas de las infraestructuras, etc. Por lo que se relacionan intrínsecamente con la tecnología y su coste.
- Dimensiones de salud y medioambiente: incluyen los efectos sobre la salud humana, el medio ambiente y, en definitiva, la seguridad.

Estas dimensiones nos sirven para arrojar luz a la cuestión de la percepción social de la energía nuclear, pero nunca debemos olvidar que están superpuestas entre sí y que, por tanto, no son totalmente separables las unas de las otras.

Empezaremos por algunos de los aspectos relativos a la situación sociocultural, relacionada con ciertos grupos sociales, creencias y heurísticos. En esta dimensión, el debate sobre la energía nuclear se ha convertido en un terreno en el que la desinformación toma protagonismo y en el que, con ánimo de desvirtuar el debate mismo de la energía nuclear, se hace uso de tragedias del pasado para condenar las tecnologías cuya evolución las hace ya incomparables con sus predecesores. Mucha de esta desinformación proviene de instituciones y *lobbies* que con el objetivo de promover otras energías, no duda en adulterar dicho debate obviando el estado actual de la tecnología nuclear. El mayor ejemplo de ello es quizá la ONG Greenpeace, cuyo papel en la lucha antinuclear es evidente. Esta ONG, una de las mayores del mundo, usa medios de todo tipo para desvirtuar el debate de la energía nuclear, lanzando mensajes alarmistas y sensacionalistas según los cuales se podría repetir una catástrofe como la de Chernóbil en España, además de negar que este tipo de energía sea limpia y sostenible:

Sus huellas, altamente contaminantes y muy duraderas en el tiempo, y sus riesgos, con accidentes que resultan devastadores para la salud de las personas y los ecosistemas circundantes, hacen que la energía nuclear no sea una alternativa limpia y sostenible. Una flota envejecida como de la que dispone España eleva los riesgos y amenazas de accidentes como el de Fukushima o el de Chernóbil, con un altísimo coste social, ambiental y económico que paga la ciudadanía y no la industria nuclear (Greenpeace. s/f. Energía nuclear).

Las críticas a la industria nuclear son comprensibles, legítimas e incluso necesarias si nos detenemos en algunos de los accidentes más conocidos relacionados con esta tecnología. Sin embargo, ante ello, no se nos presenta como solución el diseño de nuevas centrales más pequeñas y seguras, como las SMR, sino que en su defecto se opta por su total eliminación:

La solución. Mejorar la seguridad y programar el cierre de las centrales nucleares [...] Potenciar las labores de seguridad en las centrales nucleares resulta crucial para evitar accidentes como el de Fukushima y Chernóbil, pero solo como paso

² Como nos cuenta Milena Stanojlovic, el paradigma psicométrico "tiene como idea central un conjunto mental de heurísticos o factores emocionales que condicionan la percepción de riesgo y guían la toma de decisiones humana con la intención de racionalizar o entender un futuro incierto" (Stanojlovic, 2015)

intermedio antes de su cierre definitivo para llevar a cabo una transición energética 100% renovable (Greenpeace. s/f. Energía nuclear).

Las acciones de esta ONG no se limitan a lo publicitario, sino que de hecho se han llevado a cabo actos de protesta en algunas centrales nucleares españolas, como Garoña o Cofrentes.

Por otro lado, existen otras organizaciones medioambientalistas que sí apuestan por la energía nuclear, a diferencia de esta ONG. Un ejemplo es el Partido Verde Finandés. Según Atte Harjanne, parlamentario de dicho partido: "Sin energía nuclear, será muy difícil detener el calentamiento global" (Foro Nuclear, 2019). Así, nos encontramos con numerosos grupos que perciben la misma tecnología de manera muy distinta y cuya percepción del balance entre riesgos y beneficios es muy diferente. Aparentemente, algunos grupos interpretan el peligro del calentamiento global y la transición energética como un factor de riesgo mayor que el que pueda tener la construcción de una red de centrales de última generación, caracterizadas por su alta seguridad. Esta opinión no es compartida por todos los grupos de presión.

Por ello y ante todas estas opiniones diversas, podríamos simplificar nuestra misión al confiar en los expertos: aquellos que realmente deberían saber si la energía nuclear es sostenible y si sus riesgos son asumibles. Nos referimos a expertos en economía, política energética, así como a los distintos ingenieros y científicos de la industria. Sin embargo, dada la importancia de la independencia energética, especialmente en tiempos de guerra como los que vivimos, cada país tiene sus propios intereses y, en función de ellos, evalúan la energía nuclear de manera diferente. Esto se refleja en el conflicto entre los expertos franceses, que justificaron el uso de la energía nuclear en el contexto actual y la defendieron como una energía verde aunque no renovable, y los expertos alemanes, que inicialmente no estaban de acuerdo con esta postura y la aceptaron posteriormente a regañadientes en el contexto de la UE. Este conflicto no sorprende si observamos la evolución de las políticas energéticas en ambos países. Alemania ha estado dirigiendo sus esfuerzos hacia la desnuclearización durante muchos años, un camino que nosotros también estamos siguiendo.

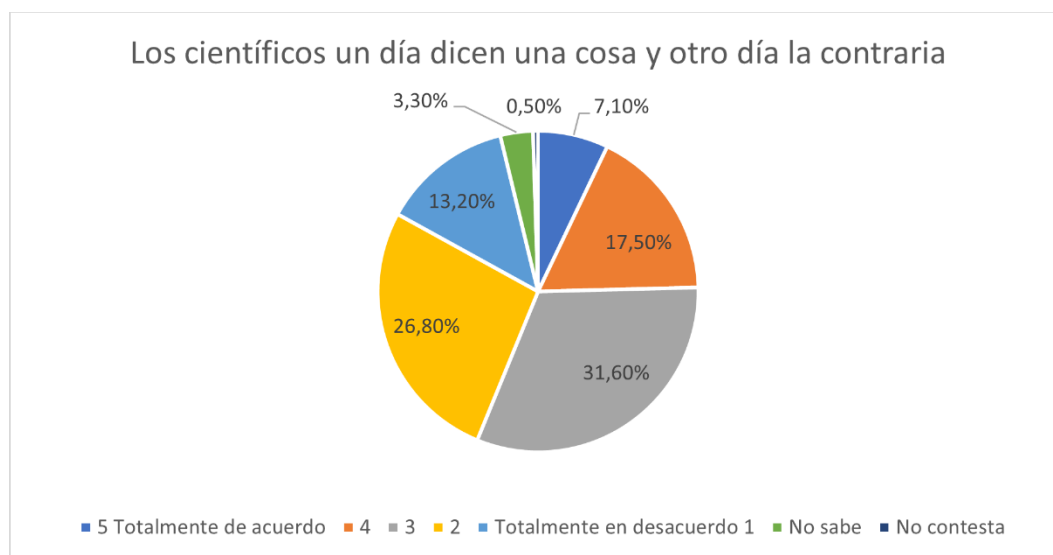
Mientras tanto Francia sigue con sus políticas energéticas, en las cuales la energía nuclear toma un importante papel, ello debido a que la tradición de la industria nuclear francesa ha pasado a formar parte de un sello nacional que se mantiene invariable con independencia del rumbo político de sus dirigentes, algo que parece muy difícil que ocurra en la España actual. Debemos entender por tanto que los expertos no necesariamente se sirven de manera exclusiva de sus conocimientos técnicos acerca de la problemática energética, sino que también tienen en consideración la agenda política y la opinión pública, tan importante en nuestras democracias. Es por ello por lo que las propias coyunturas geopolíticas pueden llegar a afectar la opinión pública de la energía nuclear, algo que estamos viendo con respecto a la guerra de Ucrania, una guerra en la que el combustible juega un importante papel y que está haciendo que varios de los países de la UE como Polonia apuesten por la energía nuclear. Vemos así que entre los propios expertos, la percepción del riesgo varía, lo que resulta en que en cada país se tomen unas decisiones adecuadas a su situación (económica, estratégica social, etc.) Por ello encomendarnos a los expertos no parece una solución fácil ante este problema, además, la dificultad multidisciplinar que ofrece la implementación de este tipo de energía conlleva que los expertos y especialistas deban mantener cierto debate público en el que la ciudadanía se vea informada para llegar a resultados beneficiosos para la sociedad.

Pero, imaginémonos que los científicos de España se ponen de acuerdo en que la energía nuclear representa una gran cantidad de beneficios con respecto a la transición

energética (como ha pasado en la UE). Supongamos también que se realice una campaña de concienciación social que no solo desmitifique falsedades sobre la energía nuclear (algo que ya se hace), sino que ponga cartas sobre la mesa presentando a este tipo de energía como una herramienta fundamental para una sociedad segura, autosuficiente y con bajas emisiones de dióxido de carbono. Entramos por tanto ahora en la dimensión político-institucional del debate.

Hemos visto durante la pandemia del COVID-19, como los científicos salían en diversos medios de comunicación dando su punto de vista sobre las causas, situaciones y medidas ante la enfermedad en un momento de caos en el que finalmente se dio a conocer como uno de los países con peores resultados a nivel de gestión de la pandemia. La situación no es la misma, evidentemente que no, pero podemos afirmar que desgraciadamente la palabra “científico” ya no pesa tanto en la ciudadanía como antes de la pandemia, algo que podemos ver reflejado en las encuestas del FECYT, donde alrededor de un 25% de la población está de acuerdo con que los científicos no son congruentes con sus opiniones y menos de la mitad afirman con rotundidad que sí lo son.

Ilustración 13 “Los científicos un día dicen una cosa y el día la contraria” (elaboración propia a partir de FECYT, 2022)



Por ello, podemos afirmar que la confianza de la ciudadanía en las instituciones no es óptima. Si añadimos a la ecuación que en la cuestión nuclear entran en juego factores que no son puramente científicos, sino también económicos y cuestiones de estrategia y gestión geopolítica, resulta difícil lograr una mejora en la confianza institucional hacia la opinión de los distintos expertos. En este sentido, consideramos que es fundamental realizar un ejercicio de transparencia institucional y comprometerse con la democratización de la ciencia, para así recuperar la confianza de la población en las instituciones científicas en particular y en los expertos en general.

Seguiremos con la dimensión económica, que puede ser la más compleja de todas, ya que infiere directamente en aspectos como el acceso a nuevas tecnologías, su mantenimiento y desarrollo. En primer lugar, el debate sobre la rentabilidad del uso de la energía nuclear en España se enmarca en un contexto en el que la industria nacional se ha expandido a nivel internacional. A pesar de la inactividad del actual parque nuclear español, sigue siendo una industria con altos beneficios, especialmente a escala internacional. Es notable que se esté apostando por la implementación de esta energía

en lugares como China, donde se ha puesto en marcha la primera central nuclear de cuarta generación en 2022.

Entonces, surge la pregunta de por qué no podemos beneficiarnos de nuestra propia industria nuclear, no solo en la perpetuación, sino incluso en la renovación del parque nuclear español. Optar por el mantenimiento del parque nuclear puede ayudar, como hemos dicho, a la transición energética. Sin embargo, habría que preguntarse si mantener dichas centrales durante más años de lo debido podría dar lugar a problemas de seguridad. Con respecto a la creación de reactores nuevos, habría que preguntarse si su construcción es rentable, dado que, como hemos visto, es posible que su coste final sea mayor al coste inicial planteado. Además, los largos tiempos de construcción y las altas inversiones asociadas a esta energía demandan no solo un marco regulatorio que brinde seguridad en estas cuestiones, sino también el cumplimiento de la legislación internacional y la colaboración de organismos especializados en materia nuclear, como la OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica). Pero sobre todo, para la implementación de un nuevo parque nuclear es fundamental contar con el apoyo sólido y sostenible de la sociedad, pues por encima de todo, vivimos en una democracia. En el campo de la economía se discute también si verdaderamente la energía nuclear de fisión puede ser una tecnología viable a largo plazo, ello debido sobre todo a que la existencia de uranio es limitada y el uso de otros combustibles está ligado a la construcción de centrales cuya tecnología o aún está en proceso de desarrollo o aún no es fácil de comercializar.

[...] hasta el 16 % del total del uranio consumido anualmente proviene de las denominadas reservas secundarias, es decir, de uranio extraído en las pasadas décadas, pero que no fue consumido en su momento. [...] La previsión del ritmo de declive en la producción de uranio para los próximos años anticipa el surgimiento de problemas en el suministro de uranio a partir de 2025, según la Agencia Internacional de la Energía. (Turiel, 2020)

Una solución a este problema sería el caso del proyecto ITER, por ejemplo, un proyecto cuya complejidad no nos permite acercarnos a la solución de la fusión nuclear de manera accesible y a corto plazo. Tenemos por otro lado las centrales SMR que ofrecen una mayor seguridad debido al reducido tamaño de sus reactores, además de una mayor versatilidad en su localización. Por supuesto, y en relación con las centrales ya existentes existe cierta controversia con respecto a la obtención del uranio y su posible sustitución por torio, una sustitución que necesitaría (como en todas las tecnologías de este tipo) una gran inversión. Por ende, no está tan claro que esta sustitución pueda ser viable económicamente. Por todo ello creemos que el debate económico es uno de los debates en los que más difícil va a ser inmiscuir a la población, su complejidad reduce el debate a manos expertas, siendo por ello fundamental la confianza de la sociedad en dichos expertos, como hemos dicho antes.

Por último, con respecto a la dimensión de salud y medioambiente, se discute la posibilidad de que ocurran numerosos tipos de accidentes causados por la energía nuclear, accidentes cuyo riesgo es inasumible. En este terreno, entra en juego, en el ámbito ciudadano, mucha desinformación propia de la era de la posverdad, la cual suele estar asociada a prejuicios de carácter político. Por ello, nos encontramos con distintas opiniones, algunas más erróneas que otras, sobre los problemas de seguridad que plantea la energía nuclear.

Algunos de los temas que generan debate son: qué hacer con los residuos nucleares, la susceptibilidad de los reactores ante eventos naturales imprevisibles (como los ocurridos en Fukushima), el peligro del terrorismo y el riesgo de explosión nuclear debido a un mal funcionamiento de los reactores. También existe el temor de que vivir

cerca de una central nuclear pueda ser perjudicial para la salud debido a las emisiones radioactivas, algo que es totalmente falso.

La desinformación existente en torno a la tecnología nuclear se debe a varios factores. En primer lugar, el adjetivo "nuclear" otorga a este tema una extraordinaria sensibilidad. Ha sido asociado en numerosas ocasiones con términos negativos como "arma nuclear", "invierno nuclear" y "radiación nuclear", entre otros. Estos términos han generado temores y preocupaciones en la opinión pública, lo que contribuye a la polarización de las opiniones. Aunque también existen connotaciones positivas del adjetivo "nuclear" en diversas disciplinas científicas y tecnológicas, como la medicina nuclear, estas son menos conocidas y no pueden competir con la imagen de un enorme hongo nuclear o de un pez con tres ojos (como el encontrado en las cercanías de la central nuclear de Buenos Aires), imágenes arraigadas en el pensamiento de la sociedad a través de películas, series y campañas antinucleares. Además, la tecnología nuclear está ligada a eventos históricos y accidentes notorios, como los desastres de Chernóbil y Fukushima. Si a esto le sumamos que el accidente de Chernóbil ocurrió durante la Guerra Fría y que su magnitud ha sido utilizada con fines propagandísticos, es comprensible que haya surgido cierto sensacionalismo en torno a la gravedad de un accidente nuclear. Y no debemos olvidar que el surgimiento de esta energía está intrínsecamente vinculado con la guerra más terrible que ha presenciado la humanidad hasta ahora, incluyendo algunas de las imágenes más impactantes y vergonzosas de la historia, como la devastación causada Fat Man y Little Boy sobre población civil. Estos incidentes han tenido un impacto duradero en la percepción pública de la energía nuclear y han alimentado la desconfianza hacia ella.

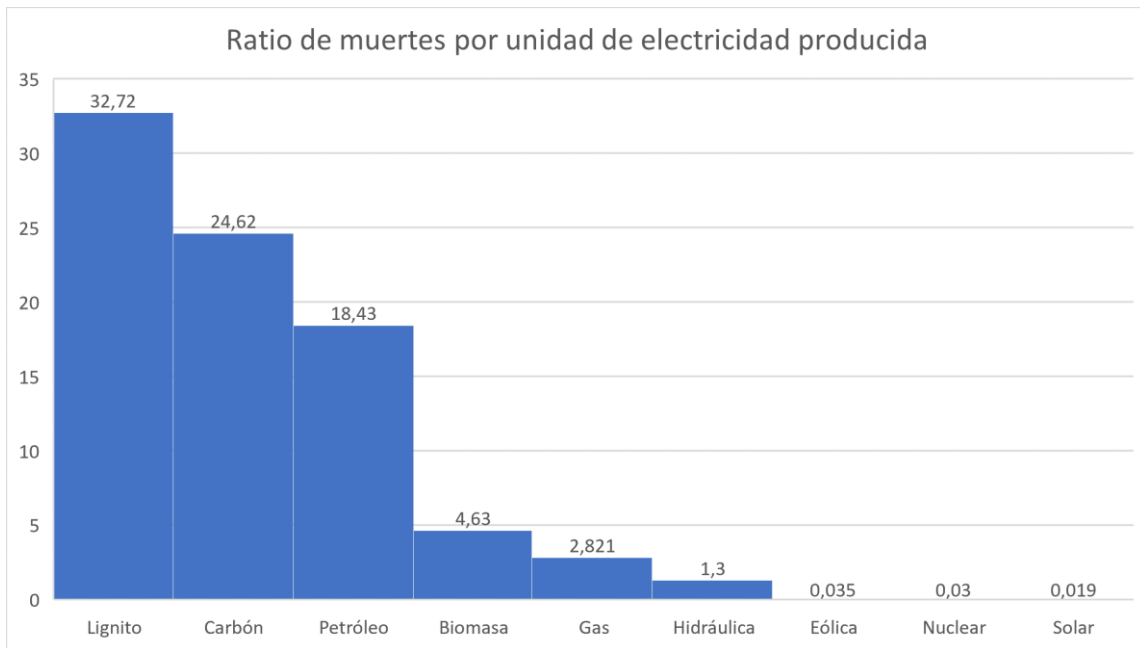
Asimismo, el desconocimiento y la falta de información clara sobre la tecnología nuclear y sus beneficios también contribuyen a la desinformación. La complejidad de los aspectos técnicos y científicos relacionados con la energía nuclear dificulta su comprensión por parte del público en general, lo que puede llevar a interpretaciones erróneas y a la difusión de información incorrecta, sobre todo en lo referente a cuestiones de seguridad, las que por lo general más preocupan a la población.

Ciertamente la energía nuclear no es el único tipo de tecnología que sufre un cierto estigma con respecto a su seguridad, hay otras tecnologías que a pesar de su seguridad son vistos como tecnologías con un alto componente de riesgo. En cierto sentido podríamos comparar el impacto de los reactores de energía nuclear con otro tipo de artefacto tecnológico relativamente novedoso, el de los aviones. Ambos constituyen artefactos que en la práctica son realmente seguros, con numerosísimos sistemas de seguridad que hacen realmente difícil que un accidente pueda ocurrir, sin embargo es la existencia de algunos accidentes previos con un impacto altamente mediático el que hace que en apariencia parezcan tecnologías peligrosas para mucha gente, en especial la nuclear. Es evidente que de los errores se aprende, es altamente improbable que se repita una catástrofe nuclear como la ocurrida en Chernóbil, al igual que un accidente aéreo similar al experimentado por el avión de los hermanos Wright.³

Esto es debido a que las construcción y los estándares de seguridad de las centrales del pasado son incomparables a los de ahora, además de las estrictas regulaciones y pruebas, extendidas internacionalmente, a las que se someten la totalidad de las partes de la central (tanto humanas, como informáticas, como arquitectónicas, etc.)

³ De hecho, el caso de Chernóbil es especialmente particular, ya que debido al diseño de las barras de control de los reactores RBMK, estas contenían puntas de grafito que al ser insertadas entre el combustible y el refrigerante producían un breve aumento de la potencia del reactor antes de reducirla, ello sin contar con que esas barras de control tardaban unos 20 segundos en hacer efecto, mientras las de hoy lo hacen en 1 o 2 segundos. Esta situación es impensable hoy en día (Lumitos. s/f. *RBMK*)

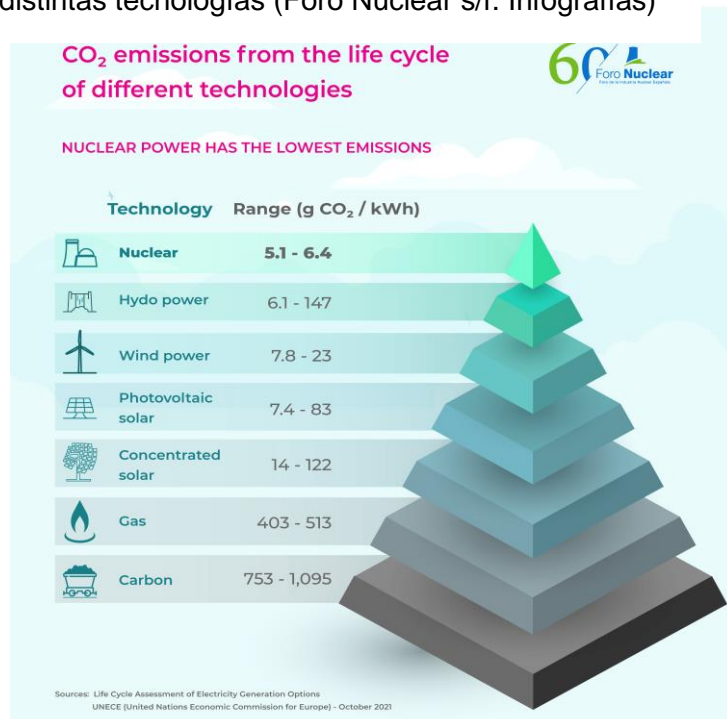
Ilustración 14 Tasas de mortalidad por unidad de producción de electricidad (elaboración propia a partir de Ritchie, Roser, & Rosado, 2022)



La energía nuclear, pese a algunos episodios trágicos sigue siendo una energía muy segura, algo que parece que no se ha sabido transmitir a la población española, de hecho, veremos que la energía nuclear es de las más seguras si calculamos las muertes por unidad de electricidad producida, siendo tan solo superada por la energía solar y por encima de la hidráulica, que no solo constituye un impacto medioambiental mayor, sino que si revisamos directamente los casos de mortandad, esta es históricamente una energía más peligrosa que la nuclear, a pesar de no gozar de su mala publicidad (como, por ejemplo, se vio en el trágico suceso del Colapso de la presa Banqiao en 1975)

En definitiva, la energía nuclear posee un menor impacto medioambiental que la energía eólica (que como es sabido es un peligro para las aves migratorias) e incluso menor que la solar (cuyos paneles deben cubrir superficies enormes para su uso comercial), incluso si nos fijamos en las emisiones de CO₂ del ciclo de vida de las distintas fuentes de energía descubriremos que la energía nuclear es la que menos gramos de CO₂ por kilovatio hora genera. Por ello, creemos que es necesario transmitir esta serie de datos a la sociedad, datos que no parecen ser conocidos por una gran parte de la

Ilustración 15 Emisión de CO₂ en el ciclo de vida de distintas tecnologías (Foro Nuclear s/f. Infografías)



población y que podrían influir en como la ciudadanía percibe esta energía.

Hablemos ahora de la amenaza terrorista, ya que esta forma parte de uno de los posibles riesgos percibidos por la sociedad (recordemos Lemóniz). Cuando hablamos del peligro terrorista, hay que distinguir a qué tipo de terrorismo nos referimos. Brevemente, podríamos distinguir entre el terrorismo de tipo nacional y el terrorismo de tipo internacional. El terrorismo nacional se refiere a antiguos grupos armados como el IRA, ETA o las FARC, que operan en el mismo país al que pertenecen. Por otro lado, el terrorismo internacional implica grupos como Al Qaeda. Esta distinción es relevante, ya que sus objetivos, medios y métodos difieren.

Imaginemos que un grupo terrorista de ámbito internacional pretende desencadenar por sorpresa una catástrofe radiológica en un país lejano, como España. En este caso, sería necesario atravesar el edificio de contención, lo cual es imposible de lograr mediante explosivos u otros medios similares. El edificio de contención está diseñado específicamente para repeler este tipo de ataques y mantenerse intacto:

Tanto las piscinas como los contenedores de almacenamiento en seco representan unos blancos difíciles de batir mediante un avión suicida, no tanto por su tamaño como por la protección que les brindan los edificios que los contienen. (Corrales, 2007)

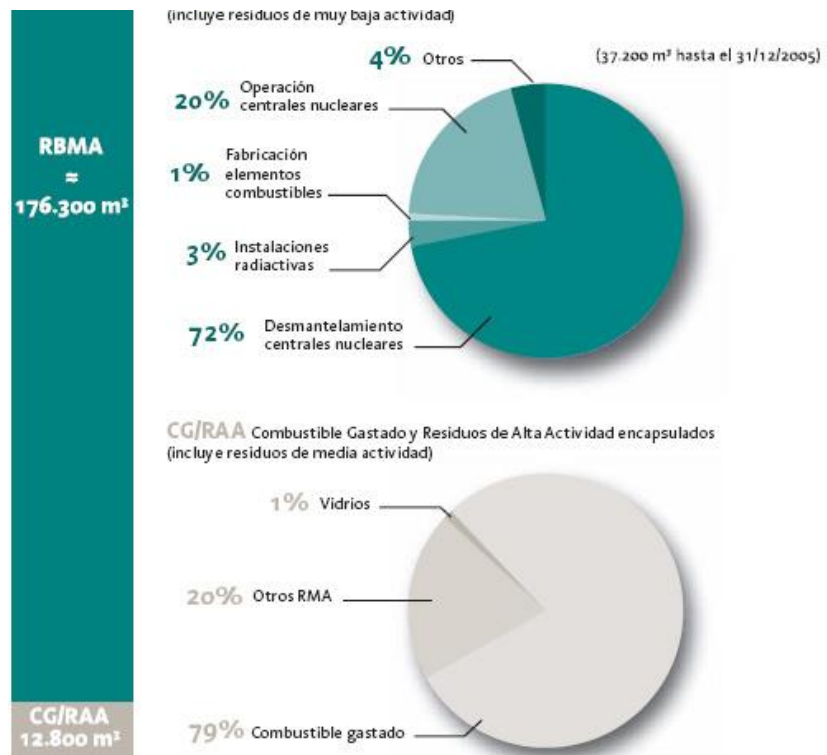
Si el objetivo de dicho grupo fuera realizar un atentado no radiológico, una central nuclear no sería un objetivo viable debido al factor riesgo/beneficio. Además, robar material crítico para la fabricación de armas nucleares es igualmente imposible, ya que el combustible nuclear utilizado en los reactores no es lo suficientemente rico en uranio-235 (el isótopo fisible) para construir cualquier tipo de artefacto explosivo. Además, el robo de cualquier tipo de material de este tipo de centrales es extremadamente complicado debido no solo a su protección, sino también a su peso. Por ello podemos concluir que la percepción ciudadana según la cual es posible la existencia de un acto terrorista que ocasione un accidente de carácter radioactivo no se adecua con la realidad.

Sin embargo, podría ocurrir, como sucedió en Lemóniz, que una central nuclear sea objetivo de un ataque terrorista nacional con la intención de convertir el reactor en un arma química o de truncar vidas humanas como protesta antinuclear. No obstante, vivimos en una España diferente a la de 1978, y el terrorismo que atentó contra Lemóniz ya no existe como tal, ya que la banda terrorista se ha disuelto y desarmado, y algunos de sus miembros forman parte de partidos legales dentro del sistema electoral español. Por lo tanto, no es posible el regreso de este tipo de terrorismo, ya que sus integrantes forman parte (o aspiran a formar parte) de la clase política que toma las decisiones. De igual manera podemos afirmar que un hecho como el de Lemóniz, no tiene cabida en la España actual.

Otro factor importante para considerar es la gestión de residuos radioactivos, ya que es un problema inherente y característico de este tipo de energía que afecta a todas las naciones que la utilizan de manera masiva. En España, la empresa encargada de la gestión de residuos nucleares desde 1986 es ENRESA, mientras que anteriormente, como hemos mencionado, los residuos eran gestionados por la JEN.

Los residuos nucleares se dividen en residuos de alta, media, baja y muy baja actividad. Según esta división, los residuos de alta actividad (RAA) tendrán una emisión radioactiva más prolongada en el tiempo pudiendo incluso generar calor, como vemos en la imagen, estos residuos provienen fundamentalmente del combustible usado y contienen numerosas sustancias químicas distintas debido a las reacciones de fisión. Por otro lado, los residuos de baja y media actividad

Ilustración 16 Residuos radiactivos a gestionar en España (Catedra Enresa. Universidad de Córdoba, 2016)



(RBMA) poseen una vida de semidesintegración inferior, por lo que no necesitan guardarse durante tanto tiempo (menos de unos 30 años), sin embargo este tipo de residuos suelen emitir radiaciones gamma, que son más peligrosas, pues son más penetrantes que las beta y más aún que las alfa. Por último los residuos de muy baja actividad (RBBA) se vuelven inocuos tras unos 5 años, por lo que su gestión es más sencilla, aun a pesar de constituir una parte muy abundante de los residuos (pues provienen de la desmantelación de centrales nucleares) (Foro Nuclear, 2015).

En España los residuos de alta actividad (RAA) se almacenan en almacenes temporales individualizados (comúnmente en las mismas centrales nucleares) a la espera de la construcción de un almacén temporal centralizado (ATC) en donde, tras pasar unos 60 años, serían trasladados a un futuro almacén geológico profundo (AGP), los cuales consisten en lugares acondicionados para albergar esta clase de residuos a una muy baja profundidad de manera que no sean un peligro para la salud y poco a poco, con el pasar de los años vayan perdiendo actividad radioactiva. Los residuos RBMA y los RBBA, por su parte, son almacenados en el Centro de Almacenamiento de El Cabril en Córdoba, cuyo cierre ya se está planteando para el año 2050.

Con respecto a estos cementerios, existen varias polémicas, algunas más realistas que otras. En primer lugar, está el hecho de que el transporte de material radioactivo a estos cementerios supone un riesgo para las poblaciones a través de las cuales viajen estos residuos. Evidentemente, los vecinos de estas localidades estarán preocupados por la seguridad del convoy, dado que si hubiera cualquier fuga, podría haber filtraciones de material radioactivo cerca de poblaciones, a pesar de toda la seguridad con la que se vea dotado el reactor. Podemos pensar incluso que el vertido de estos residuos es una posibilidad, como ya hemos visto en 1970, a pesar de las medidas de seguridad. No obstante, el diseño tanto de los modos de transporte como los procedimientos de manejo de residuos actuales hacen de esas situaciones algo altamente improbable.

Por otro lado, el lugar en donde ubicar la infraestructura puede provocar quejas de vecinos de localidades cercanas, a pesar de que estos cementerios se ubican en lugares alejados de las poblaciones y que, además, su almacenamiento, al realizarse en el subsuelo, es muy seguro para la superficie. Sin embargo, pueden existir quejas debido a un cierto riesgo de que los residuos contaminen posibles acuíferos que doten de agua a poblaciones cercanas, algo que está previsto a la hora de buscar localizaciones para este tipo de aplicaciones, por lo que estas críticas no deberían tener mayor profundidad. No obstante, debido a la naturaleza de los residuos, algunos de estos cementerios deben mantenerse supervisados durante el tiempo que alberguen un riesgo radioactivo, lo cual, para algunos residuos, significa un tiempo de incluso siglos. No está tan claro que pueda garantizarse una supervisión efectiva durante tanto tiempo. Este sí puede ser un factor de riesgo real que pueda alertar a la población, para lo cual hace falta el compromiso institucional de mantener dichas instalaciones en perfecto estado durante el tiempo que sea necesario, y para ello hace falta recuperar la confianza de la sociedad en las instituciones.

Conclusiones

En conclusión, hemos examinado el origen, evolución y final del parque nuclear nacional, reconociendo que esta industria ha experimentado momentos de avance y dificultades a lo largo de su trayectoria, dificultades relacionadas entre otras cosas con la dependencia de la tecnología extranjera y la financiación. No obstante, a pesar de la moratoria y la percepción desfavorable por parte de la sociedad, la industria nuclear sigue siendo un sector en crecimiento, capaz de mantenerse a la vanguardia internacional en términos de I+D.

Hemos visto también el papel de esta energía en el mix energético actual, tanto en España como en relación a distintos países. El consumo de energía nuclear supone alrededor del 10% del mix energético, un consumo que deberá ser sustituido con otro tipo de energía si finalmente se cierra el parque nuclear, esta sustitución, en el contexto de la implementación del coche eléctrico puede ser un problema.

Finalmente hemos visto como, pese a ser una industria con un gran futuro, sostenible, segura y baja en emisiones, la percepción social de sus riesgos es demasiado alta en la población, algo que convierte la perpetuación del parque nuclear e incluso un hipotético renacimiento en un asunto muy delicado, un asunto que no parece ser beneficioso en el terreno electoral en el que nos movemos.

Esta percepción social ha ido evolucionando a lo largo de los años de manera que a medida que ha habido algunos accidentes muy conocidos, esta ha aumentado en el mundo en general y en España en particular. Para mostrar algunos de los distintos factores que influyen en esta percepción hemos aplicado la categorización de Espluga Trenc et al. (2017) según la cual se pueden dividir en cuatro: la dimensión sociocultural, la dimensión político-institucional, la dimensión económico-tecnológica y la dimensión de la seguridad.

Podemos decir, con respecto a estas dimensiones, que los factores económico-tecnológicos nos parecen fundamentales para decidir la mejor opción energética del futuro, pero hay que decir que estos se sitúan en un grado de complejidad que solo puede ser clarificado por los expertos. De manera que su colaboración con el resto de la sociedad se hace fundamental. Por el lado de la dimensión sociocultural, podemos decir que la herencia franquista del proyecto nuclear, en combinación con la presión de algunos grupos antinucleares, polariza el debate y lo adultera, generando visiones de esta energía que distan de ser precisas. Contribuyendo con ello a un balance negativo

de los riesgos y beneficios del uso de esta energía. Estas visiones opacan el factor "verde" que contiene esta energía baja en emisiones. Por el lado de la dimensión político-institucional, podemos decir que la mala gestión durante la crisis del COVID-19 ha llevado a una pérdida de confianza en las instituciones. Cuya recuperación nos parece vital para poder realizar un debate crítico sobre la energía nuclear y, en definitiva, para cualquier proyecto que implique en cierta medida la salud pública y la información desde las instituciones. Por último, por el lado de la dimensión de la seguridad, podemos afirmar que hace falta un ejercicio de diálogo social con el conjunto de la población. Con el objetivo de trasladar la información veraz que nos permita valorar los riesgos y beneficios de esta energía desde el conocimiento. Alejando los prejuicios y visiones desactualizadas y desinformadas.

Por ello, nos aventuramos a decir que, ante el desafío energético y en el hipotético supuesto de aumentar el periodo de funcionamiento de las centrales o incluso fabricar nuevos reactores, esto no parece tener futuro a menos que se inicie un movimiento de educación institucional que brinde un conocimiento adecuado a la población sobre los riesgos y beneficios reales de la construcción de estas centrales.

El papel de la opinión pública con respecto a estos proyectos es fundamental para su continuidad y, como hemos visto, la opinión hacia la energía nuclear es muy negativa, especialmente en materia de seguridad, algo que no corresponde con la opinión experta.

Por último, no es objetivo de este trabajo analizar las características de las centrales nucleares de 4ª generación. Sin embargo, sí es relevante comentar algunas de ellas debido a una de las principales problemáticas de las centrales nucleares: los residuos nucleares.

Las centrales de 4ª generación no solo son aún más seguras y eficientes, sino que están diseñadas para reutilizar una parte de los residuos nucleares como combustible. Esto significa que los residuos nucleares no reutilizables tendrán una carga radioactiva mucho menor que la que dejan los reactores de 3ª generación. Por tanto, no solo son residuos más inocuos, sino que no necesitan ser guardados en cementerios durante tanto tiempo como los residuos generados por nuestras centrales actuales. Aunque sin duda, el coste de su implementación debe ser motivo de estudio exhaustivo, pues como hemos visto en la historia de la industria nuclear española, a veces los costes resultan inasumibles.

Referencias

- Alonso, A. (2004). Sobre la energía nuclear y la percepción social de sus riesgos. *Ambienta: La revista del Ministerio de Medio Ambiente*, N^o. 36, pp. 37–43.
- Avilés Trigueros, J., & Antonio Santos, J. (2021, octubre 20). *De la electricidad y sus modelos, por Juan Avilés y José Antonio Santos*. FNFF. Recuperado de: <https://fnff.es/historia/de-la-electricidad-y-sus-modelos-por-juan-aviles-y-jose-antonio-santos/>
- BOE. (1964, mayo 4). *Ley 25/1964, de 29 de abril, sobre energía nuclear*. Recuperado de: <https://www.boe.es/eli/es/l/1964/04/29/25/con>
- BOE. (1975, febrero 15). *Decreto 175/1975, de 13 de febrero, sobre régimen de concierto en el sector eléctrico*. Recuperado de: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1975-3280>
- Caro, R. (1995). *Historia nuclear de España*. Sociedad Nuclear Española.
- Catedra Enresa. Universidad De Córdoba. (2016). *Productores de Residuos Radiactivos en España*. Recuperado de: <https://www.catedraenresauco.com/productores-de-residuos-radiactivos-en-espana/>
- Corrales, C. M. (2007). Terrorismo nuclear. *Boletín de Información. (Ministerio de defensa)*, N^o 301, pp. 17–40.
- Cuerdo Mir, M. (1999). Evaluación de los Planes Energéticos Nacionales en España (1975-1998). *Revista de historia industrial*, pp. 161–178.
- De la Torre, J., & Rubio-Varas, M. Del M. (2014). El Estado y el desarrollo de la energía nuclear en España, c. 1950-1985. Documentos de Trabajo (DT-AEHE) 1403. Asociación española de historia económica.
- De la Torre, J., & Rubio-Varas, M. Del M. (2015). La financiación exterior del desarrollo industrial español a través del IEME (1950-1982). *Banco de España*, 69.
- EFE. (2002). Ecologistas mentirosos. *Elmundo.es*. Recuperado de: <https://www.elmundo.es/elmundo/2002/09/27/ciencia/1033144110.html>
- Espluga Trenc, J., Medina, B., Presas, A., Rubio-Varas, M., & De la Torre, J. (2017). Las dimensiones sociales de la percepción de la energía nuclear. Un análisis del caso español (1960-2015). *Revista internacional de sociología*, 75(4), 075. <http://dx.doi.org/10.3989/ris.2017.75.4.17.02>
- FECYT. (2022, febrero 18). Encuestas de percepción social de la ciencia y la tecnología en España. Recuperado de: <https://www.fecyt.es/es/noticia/encuestas-de-percepcion-social-de-la-ciencia-y-la-tecnologia-en-espana>
- Foro Nuclear (s/f). Infografías. Recuperado de: <https://www.foronuclear.org/recursos/infografias/>
- Foro Nuclear. (2013). Etapas para la obtención del combustible nuclear a partir del uranio. Recuperado de: <https://www.foronuclear.org/actualidad/a-fondo/etapas-para-la-obtencion-del-combustible-nuclear-a-partir-del-uranio/>

Foro Nuclear. (2019, julio 15). Voces destacadas. Atte Harjanne. Recuperado de: <https://www.foronuclear.org/valores-del-sector/voces-destacadas/atte-harjanne/>

Foro Nuclear. (2015). ¿Cómo se clasifican los residuos radiactivos? Recuperado de: <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-residuos-radiactivos/como-se-clasifican-los-residuos-radiactivos/>

Greenpeace. (s/f). Energía nuclear. Recuperado de: <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/cambio-climatico/energia-nuclear/>

Greenpeace. (s/f). ¿Necesitamos un nuevo Chernobyl? Recuperado de: <https://es.greenpeace.org/es/noticias/chernobyl/>

Iglesias, L. (2015, diciembre 7). Los residuos nucleares y la memoria de las arcillas. Cuaderno de Cultura Científica. Recuperado de: <https://culturacientifica.com/2015/12/07/los-residuos-nucleares-y-la-memoria-de-las-arcillas/>

MITECO. (s/f). Centrales Nucleares en España. Recuperado de: <https://energia.gob.es/nuclear/Centrales/Espana/Paginas/CentralesEspana.asp>

MITECO. (s/f). Energía: Objetivos. Recuperado de: <https://energia.gob.es/es-es/secretariadeestado/paginas/objetivos.aspx>

MITECO. (s/f). Planificación Energética. Recuperado de: <https://energia.gob.es/planificacion/Paginas/Index.aspx>

Lumitos. (s/f) RBMK. Química.es. Recuperado de: <https://www.quimica.es/enciclopedia/RBMK.html>

Ritchie, H., Roser, M., & Rosado, P. (2022). Energy. Our World In Data. Recuperado de: <https://ourworldindata.org/energy/country/spain>

Romero De Pablos, A. (2019). Las primeras centrales nucleares españolas. Actores, políticas y tecnologías, Sociedad Nuclear Española.

Roqué, X. (2012). España en el CERN (1961-1969), o el fracaso de la física autárquica. En N. Herran & X. Roqué (Eds.), *La física en la dictadura. Físicos, cultura y poder en España, 1939-1975* (pp. 239–258). Servicio de publicaciones de la Universidad Autónoma de Barcelona.

Rubio-Varas, M. Del M., & De la Torre, J. (Eds.). (2017). *The economic history of nuclear energy in Spain: Governance, business and finance* (1a ed.). Springer International Publishing.

Sánchez, E. M., & López, S. M. (2020). *Historia del uranio en España: de la minería a la fabricación del combustible nuclear, c. 1900-1986*. Sociedad Nuclear Española.

Sánchez Vázquez, L. (2010). *La legitimación de la energía nuclear en España: El fórum atómico español*. [Tesis de doctorado]. Universidad de Granada.

SNE. (2022, julio 14). Los partidos políticos españoles frente a la postura europea sobre la energía nuclear. Recuperado de: <https://www.sne.es/noticias/la-postura-de-los-partidos-politicos-espanoles-en-relacion-con-la-postura-europea-en-torno-a-la-energia-nuclear/>

Soler Ferrán, P. (2018). La creación de la Junta de Energía Nuclear: Los cimientos de la industria nuclear española. *Nuclear España: Revista de la Sociedad Nuclear española*, 396, pp.20–22.

Stanojlovic, M. (2015). Percepción social de riesgo: una mirada general y aplicación a la comunicación de salud. *Revista de comunicación y salud*, 5, pp.96–107.

Turiel, A. (2020). *Petrocalipsis. Crisis energética global y cómo (no) la vamos a solucionar*. Alfabeto.