

REFERENTES INTERNACIONALES DEL DESARROLLO NUCLEAR ESPAÑOL

(c. 1945-actualidad)



Coordinadores

Esther M. Sánchez Sánchez y Santiago M. López García

Autores

Ana Romero de Pablos • Lorenzo Delgado Gómez-Escalonilla

• Mar Rubio Varas • Joseba De la Torre Campo • Gloria Sanz Lafuente • Matilde Pelegrí Torres

• Esther M. Sánchez Sánchez • Santiago M. López García



Coordinadores:

Esther M. Sánchez Sánchez y Santiago M. López García

REFERENTES INTERNACIONALES DEL DESARROLLO NUCLEAR ESPAÑOL

(c. 1945-actualidad)

Autores:

Ana Romero de Pablos

Lorenzo Delgado Gómez-Escalonilla

Mar Rubio Varas

Joseba De la Torre Campo

Gloria Sanz Lafuente

Matilde Pelegrí Torres

Esther M. Sánchez Sánchez

Santiago M. López García

SOCIEDAD NUCLEAR ESPAÑOLA

CRÉDITOS

© Sociedad Nuclear Española

Edita: SOCIEDAD NUCLEAR ESPAÑOLA (SNE)

Diseño y maquetación: Grupo SENDA

ISBN: 978-84-09-59169-5

Foto de portada:

Jose M^a Otero Navascués con el embajador de Estados Unidos, Robert C. Hill, en visita a la Junta de Energía Nuclear, 1969. *Archivo General de la Administración, F-3652.*

NOTA

Las opiniones expresadas en este libro son responsabilidad única de los autores.

Presentación

La Sociedad Nuclear Española (SNE) viene editando desde 2016 una colección de libros sobre el desarrollo de la energía nuclear en España, y en esta nueva publicación aborda el marco de las relaciones y referentes internacionales que acompañó a su desarrollo.

Los profesionales españoles lograron situarse en un puesto destacado en el conocimiento de la energía nuclear en la carrera emprendida tras la 2ª guerra mundial por toda clase de gobiernos y así es reconocido por destacadas figuras exteriores. En un contexto histórico inicial desfavorable, externo e interno, existió un flujo de relaciones científicas y comerciales con el exterior que desbordó el veto político. Las políticas desarrolladas por los diferentes actores de aquella época, sobre todo por Estados Unidos, en el complicado marco dinámico de las relaciones internacionales, posibilitaron tempranamente la presencia española en instituciones internacionales, presencia que se incrementó después con la implantación de la democracia y, finalmente, por su sólida estructuración con la entrada de España en la Comunidad Económica Europea (hoy Unión Europea) en 1986.

El reto de esta nueva publicación ha sido importante por la complejidad, la diversidad y la densidad de los temas tratados. Se ha buscado centrar el relato en los aspectos científicos, tecnológicos y económico-comerciales, como parte del desarrollo de la historia de la ciencia e industria nuclear española.

Nuevamente, la SNE ha confiado la coordinación de esta publicación al Instituto de Estudios de la Ciencia y la Tecnología de la Universidad de Salamanca, en la profesora Esther Sánchez y el profesor director Santiago López, que han recabado la participación de tres destacados profesores de la Universidad de Navarra y de dos reconocidos investigadores del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, junto con la directora de Senda editorial. Espero que este trabajo de investigación alcance un éxito en su valoración por los lectores.

En el relato se identifican funcionarios y profesionales españoles que han ocupado puestos relevantes en instituciones internacionales - públicas y privadas-, destacándose aquellos que han trabajado en la SNE, pero la relación completa de todos los que han estado involucrados es imposible de completar. Es un deber extender este agradecimiento a todos ellos porque sin su dedicación y su competencia profesional no hubiera sido posible el éxito alcanzado, que es un éxito de España y de todos los españoles.

Con esta publicación en el año en que se cumple el quincuagésimo aniversario de la creación de la SNE, quiero, en nombre de la Junta Directiva, hacer un homenaje a todos los que con su trabajo y dedicación han dejado un importante legado nacional e internacional, que ha servido para mantener la energía nuclear en España en un elevado nivel de calidad, seguridad y de aportación energética libre de emisiones de carbono, y sirva para mantener activo un sector de gran prestigio nacional e internacional, para que tanto nuestras instalaciones como el personal que las opera y mantiene puedan seguir contribuyendo muchos años más a disponer de una generación eléctrica de energía limpia libre de emisiones de carbono.

Emilio Mínguez
Presidente SNE

Sumario

INTRODUCCIÓN	009
PARTE 1. ESPAÑA Y LOS ORGANISMOS NUCLEARES INTERNACIONALES	017
Introducción , <i>Esther Sánchez y Santiago López</i>	017
Capítulo 1.1. España y el Organismo Internacional de la Energía Atómica <i>Ana Romero de Pablos (CSIC)</i>	020
Capítulo 1.2. España en la Agencia de Energía Nuclear de la OECD <i>Lorenzo Delgado (CSIC)</i>	046
Capítulo 1.3. España y Euratom <i>Mar Rubio y Joseba De la Torre (Universidad Pública de Navarra)</i>	066
PARTE 2. PARTICIPACIÓN DE ESTADOS UNIDOS, FRANCIA Y ALEMANIA EN LOS PROYECTOS NUCLEARES ESPAÑOLES	093
Introducción , <i>Esther Sánchez y Santiago López</i>	093
Capítulo 2.1. Estados Unidos y el despliegue nuclear español <i>Joseba De la Torre y Mar Rubio (Universidad Pública de Navarra)</i>	096
Capítulo 2.2. El referente francés. Francia y el desarrollo del sector nuclear español <i>Esther Sánchez (Universidad de Salamanca)</i>	123
Capítulo 2.3. La entrada de Alemania Occidental en el programa nuclear español <i>Gloria Sanz (Universidad Pública de Navarra)</i>	146
PARTE 3. LA INTERNACIONALIZACIÓN DEL SECTOR NUCLEAR Y EL PAPEL DE LAS ASOCIACIONES EMPRESARIALES	175
Introducción , <i>Esther Sánchez y Santiago López</i>	175
Capítulo 3.1. INPO y WANO. La colaboración y el aprendizaje en el sector nuclear <i>Matilde Pelegrí (Grupo SENDA)</i>	178
Capítulo 3.2. La Sociedad Nuclear Española. 50 años de una historia profesional <i>Matilde Pelegrí (Grupo SENDA)</i>	199
Capítulo 3.3. La internacionalización de las empresas españolas del sector nuclear. <i>Santiago López (Universidad de Salamanca)</i>	216
ANEXO I. SIGLAS y ACRÓNIMOS	241
ANEXO II. ARCHIVOS Y CENTROS DE DOCUMENTACIÓN CONSULTADOS	243

Introducción

La ciencia y la tecnología nucleares constituyeron uno de los caminos profesionales más fascinantes del siglo XX. Los múltiples descubrimientos vinculados al átomo (divisible, mutable, complejo) no solo generaron nuevas disciplinas científicas y académicas, también definieron estrategias políticas, impulsaron iniciativas empresariales y estimularon la cooperación internacional, provocando, en consecuencia, grandes transformaciones a todos los niveles.

La primera reacción en cadena autosostenida y controlada se produjo en Estados Unidos en 1942, en plena II Guerra Mundial. Los esfuerzos se canalizaron entonces hacia objetivos militares. Tras las tristemente célebres bombas de Hiroshima y Nagasaki, con las que Estados Unidos puso fin al conflicto armado, se unirían al club de los poseedores de la bomba atómica la Unión Soviética (1949), Gran Bretaña (1952), Francia (1960) y China (1964). La carrera del armamento atómico continuó durante la Guerra Fría, con la aparición de nuevos tipos de armas nucleares que fueron probadas en diversos puntos del planeta bajo un estricto secreto. La energía nuclear se convirtió entonces en una actividad tan admirada como temida.

No obstante, enseguida ganó fuerza la opción civil. El 8 de diciembre de 1953 el presidente de Estados Unidos, Dwight D. Eisenhower, se dirigió a las Naciones Unidas para denunciar el equilibrio del terror y promover la utilización pacífica de la energía nuclear. La campaña *"Atoms for Peace"* (1953) y la Primera Conferencia de Ginebra sobre los usos pacíficos del átomo (1955) redefinieron la geopolítica mundial y privilegiaron las aplicaciones civiles, en particular la generación de energía eléctrica a gran escala. Los resultados fueron inmediatos: se creó el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA); se formalizaron decenas de acuerdos multilaterales y bilaterales; proliferaron las agencias y centros de investigación nacionales, que dieron cobijo a los primeros reactores experimentales; y creció el interés de las empresas privadas, que liderarían la construcción de los reactores comerciales.

Muy pronto, la energía nuclear comenzó a incorporarse de forma masiva a los sistemas eléctricos de numerosos países. Estados Unidos fue su principal impulsor: suministró bienes, tecnologías, financiación y asesoramiento a sus aliados occidentales, para orientar sus proyectos nucleares y asegurarse de que no había desvíos a programas militares (Krige, 2016; Turchetti y Roberts, 2014; Drogan, 2016). Paradójicamente, la investigación nuclear, que llevaba años evolucionando en el más absoluto secreto, se convirtió en el paradigma de la cooperación internacional (Caro, 1995). Algunos autores hablan incluso de un "Plan Marshall" atómico (Twigge, 2016). De ese modo, Estados Unidos logró su ansiado objetivo de desvincular al átomo de las bombas y vincularlo al progreso tecnológico y la colaboración internacional.

Las facilidades otorgadas por Estados Unidos disuadieron a algunas naciones de emprender investigaciones propias, pero también potenciaron las capacidades científicas y tecnológicas de muchas de ellas. De hecho, raro fue el país que se limitó a adoptar completa y estrictamente las técnicas americanas. Por lo general, las adaptaron a sus condicionantes y necesidades específicas, e incluso trataron de superarlas introduciendo mejoras o desarrollando otros caminos tecnológicos.

El peligro de proliferación era evidente en aquel escenario de Guerra Fría y despliegue masivo de la energía nuclear, por lo que se sucedieron los acuerdos de salvaguardias. En 1968 se firmó, no sin problemas, el Tratado de No Proliferación Nuclear (TNP, en vigor desde 1970), que prohibía a los países poseedores de armas atómicas transferirlas o colaborar en su desarrollo, y obligaba a los países no poseedores a renunciar a su compra o fabricación. Todos los firmantes se comprometían, además, a someterse a inspecciones regulares del OIEA. El TNP, al que progresivamente se fueron añadiendo nuevos países, no evitó sin embargo la entrada en el club atómico-militar de la India (1974), ni que otros países como Israel, Irak o África del Sur realizasen desarrollos significativos en el campo de las aplicaciones armamentísticas del átomo. Pero la opción civil seguía ganando fuerza. Tras el OIEA, la cooperación en materia de aplicaciones pacíficas llevó a la aparición de otros muchos organismos internacionales, tanto a nivel geográfico (la NEA o Euratom en Europa), como sectorial (INPO y WANO para coordinar a los operadores y maximizar la seguridad de las centrales, o Foratom, foro de reunión y de expresión de la industria). De todos ellos daremos cuenta en este trabajo.

España logró enfrentar el reto tecnológico, financiero y empresarial que suponía esta nueva fuente de energía, alcanzando una posición destacada a nivel mundial. Unos pocos científicos vislumbraron pronto las enormes posibilidades del átomo, y convencieron al Gobierno de la necesidad de apostar por el desarrollo de un ambicioso programa nuclear (civil¹), que permitiría paliar las restricciones energéticas a la vez que aportar réditos políticos. En efecto, la energía nuclear se presentaba como un excelente complemento a los recursos hidroeléctricos, afectados por las sequías y el mal estado de algunas infraestructuras, y como la mejor forma de paliar los altos costes derivados de la extracción del carbón nacional y la importación de gas y petróleo. A la vez, servía de estímulo a la cooperación internacional y aportaba un reconocimiento exterior cuya fragilidad amenazaba aún la supervivencia del régimen.

Aislada internacionalmente, y con un sistema científico-técnico diezmado por la guerra, el exilio y las depuraciones, España logró integrarse en la vanguardia del conocimiento y participar en los grandes avances vinculados al átomo. La ciencia y la tecnología nucleares despuntaron como canal de comunicación privilegiada con el exterior, franqueando puertas que hasta entonces habían permanecido cerradas (Caro, 1995; Romero de Pablos y Sánchez Ron, 2001; Rubio-Varas y De la Torre, 2017).

En 1948 se creó, con carácter reservado, la Junta de Investigaciones Atómicas (JIA), que aglutinó a científicos, políticos y militares bajo el paraguas de la sociedad comercial privada Estudios y Patentes de Aleaciones Especiales (EPALE). La magnitud de los proyectos, unida al atraso tecnológico y la escasa capacidad financiera de la economía española, hicieron imprescindible la ayuda exterior. Ni los más fervientes defensores de la autarquía pusieron en duda esta necesidad. España no podía abordar en solitario el programa nuclear. Tenía

¹ El programa militar no alcanzó nunca la consideración de plan de Estado, se limitó a la investigación particular de un grupo de científicos y apenas contó con apoyo gubernamental. Por ello, no fue más allá de una serie de estudios teóricos y de viabilidad. La historia del proyecto español de bomba atómica (termonuclear) en Velarde (2016).

que acudir al extranjero para importar equipos, solicitar préstamos, buscar asesoramiento y formar un personal altamente cualificado. El decreto fundacional de la JIA-EPALE recoge ya la necesidad de establecer relaciones o intercambios con otros organismos similares extranjeros, “conducentes a formar un equipo de científicos españoles especializados en los modernos conocimientos sobre la prospección de minerales radiactivos y el beneficio industrial de la energía nuclear”². Esta voluntad de cruzar fronteras se intensificó en los años siguientes, aportando resultados extraordinarios.

El adiestramiento de especialistas en el extranjero fue contemplado como la mejor estrategia para acceder a las competencias que faltaban en España. De nada servía importar modernos procesos y equipos si no se disponía de expertos capaces de comprenderlos y manejarlos. Así, desde finales de los años cuarenta, jóvenes especialistas españoles fueron enviados a los laboratorios nacionales de las principales potencias nucleares. Los primeros destinos fueron Italia y Alemania: una decena de científicos y técnicos realizó estancias en el Centro di Informazione, Studii ed Esperienze (CISE) de Milán y en el Instituto Max-Planck de Física de Göttingen. Después, los destinos (y campos de investigación) se diversificaron, destacando Estados Unidos y sus grandes laboratorios de Argonne (Chicago), Oak Ridge (Tennessee), Los Álamos (Nuevo México), Berkeley y Stanford (California). En aquellos primeros años, las potencias nucleares accedieron a proporcionar esta cualificación por su interés en los yacimientos españoles de uranio, que parecían altamente prometedores (Sánchez y López, 2021).

En 1951, en un clima de menor secretismo internacional, se fundó la Junta de Energía Nuclear (JEN)³, que heredó y amplió los proyectos, el capital humano y los contactos internacionales de la JIA. Siguiendo la estela de las comisiones nacionales de energía atómica establecidas en los países más avanzados, la JEN asumió en sus inicios cometidos en todos los campos relacionados con el sector nuclear: investigación básica y aplicada, producción y distribución de isótopos, actividades industriales en torno al ciclo del combustible, formación, asesoría, seguridad, inspección y regulación. En 1958 inauguró en Madrid su “cuartel general”, el Centro Nacional de Energía Nuclear Juan Vigón, ubicado en el distrito de Moncloa. Ese mismo año logró su primera reacción de fisión en el reactor de investigación JEN-1, construido con tecnología de la compañía americana General Electric (agua ligera, grafito y uranio enriquecido). El JEN-1 permitió reducir la importación de isótopos radiactivos para usos no energéticos (médicos, biológicos e industriales, fundamentalmente). Fue el primero de los cinco reactores experimentales que funcionaron en España: los reactores *Argos* y *Arbí*, también de factura americana, se inauguraron en 1962 en las Escuelas Técnicas Superiores de Ingenieros Industriales de Barcelona y Bilbao, respectivamente; el JEN-2 alcanzó su primera criticidad en 1967 en el centro Juan Vigón; y el CORAL-1 (CONjunto RÁpido I), alimentado con plutonio y uranio enriquecido, funcionó desde 1968 también en Madrid. Además, la JEN inició la construcción, en colaboración con la US Atomic International, del DON (iniciales de Deuterio-Orgánico-[Uranio] Natural), proyecto finalmente abandonado por su falta de rentabilidad frente a los reactores de agua ligera y uranio enriquecido. Para entonces, España había entrado en las grandes organizaciones internacionales del átomo (con la excepción de Euratom) y firmado acuerdos bilaterales con las grandes potencias nucleares mundiales (comenzando por el tratado nuclear con Estados Unidos en 1955).

² Escritura de constitución de EPALE en el Archivo General de la Administración (AGA), Industria, caja 75/08715.

³ Decreto Ley de 22 de octubre de 1951 por el que se constituye la Junta de Energía Nuclear, *Boletín Oficial del Estado (BOE)* de 24 de octubre de 1951.

Tras los reactores experimentales llegaron los reactores comerciales, cuya contratación realizaron las empresas eléctricas. Los reactores de Zorita (Guadalajara, 1968), Garoña (Burgos, 1971) y Vandellós I (Tarragona, 1972) conformaron el grupo de las “centrales de primera generación”. Se construyeron con tres tecnologías distintas bajo la fórmula de los contratos “llave en mano”, que sirvieron como aprendizaje y capacitación a la industria española, en un principio centrada en el montaje y la obra civil. Las “centrales de segunda generación” se edificaron entre 1981 y 1985: Almaraz I y II (Cáceres, 1981 y 1983), Ascó I y II (Tarragona, 1983 y 1985) y Cofrentes (Valencia, 1984). Por último, Vandellós II (Tarragona, 1987) y Trillo (Guadalajara, 1988) constituyeron las “centrales de tercera generación”. A partir de las centrales de segunda generación se utilizó el sistema de contratación por componentes, alcanzando la participación de la industria española porcentajes del 85%, sobre todo en componentes electromecánicos, ingeniería, construcción civil y montaje. Fue el despegue de potentes empresas como Tecnatom, Equipos Nucleares o Empresarios Agrupados. El marco dirigista del franquismo favoreció esa participación, al exigir porcentajes mínimos de contenido local en todos los proyectos de concepción extranjera. Finalmente, solo 10 reactores comerciales se conectaron a la red en España, pero llegaron a planearse unos 40 (20 preautorizados, 15 empezados a construir), lo que disparó el crecimiento de las industrias de bienes de equipo y los servicios de ingeniería, que además generaron externalidades positivas sobre otros muchos sectores y empresas (Caro, 1995, cap. 15; Romero de Pablos, 2019; Rubio-Varas y De la Torre, 2016, 2017; Acosta, 2022).

El principal referente internacional de las centrales nucleares españolas fue Estados Unidos, que proporcionó la tecnología de reactores (*Pressurized Water Reactor-PWR* de Westinghouse y *Boiling Water Reactor-BWR* de General Electric), los medios financieros (créditos del Export Import Bank, fundamentalmente) y la normativa reguladora (Atomic Energy Commission —Nuclear Regulatory Commission desde 1974—). Las dos únicas excepciones fueron los reactores de Vandellós I y Trillo, construidos con tecnología, financiación y normas de Francia y Alemania, que no obstante reproducían los estándares internacionales y muchas de las pautas de actuación de la primera potencia mundial.

Durante los años cincuenta y sesenta, y aunque la contratación y gestión de las centrales nucleares correspondió a las empresas privadas, la JEN mantuvo un protagonismo indiscutible. Pocos centros acumularon en tan corto espacio de tiempo un conocimiento tan notorio y un personal tan cualificado, artífice del amplio y nutrido abanico de relaciones que estableció la JEN con las grandes potencias, los organismos internacionales y las empresas forjadas al calor del sector nuclear. Delegados de la JEN participaron en los principales eventos mundiales y en la preparación de numerosos acuerdos y normativas multilaterales. José María Otero Navascués, presidente de la JEN entre 1958 y 1974, fue el *alma mater* de esta internacionalización. De hecho, en la Junta no existió una Dirección de Relaciones Internacionales hasta los años setenta y fue en Otero en quién recayó el peso de estas tareas. Españoles y extranjeros coinciden en resaltar su inteligencia, cultura científica, vitalidad, capacidad de trabajo y talento para moverse en ambientes internacionales (hablaba con fluidez varios idiomas y era un gran diplomático). Otero gozó de gran prestigio en los círculos científicos exteriores y contó con la amistad de reconocidos científicos de todo el mundo, como el norteamericano Allison, los alemanes Heisenberg y Wirtz, el francés Goldschmidt, el suizo Scherrer y los italianos Bolla y Amaldi⁴.

⁴ Biografías de Otero Navascués en Villena (1983), De Andrés (2005) y Pérez-Turégano (2016).

A partir de los años setenta, la JEN fue poco a poco delegando buena parte de sus actividades: la Empresa Nacional del Uranio SA (ENUSA, 1972) se hizo cargo del ciclo del combustible, el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN, 1980) de la regulación, y la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos SA (ENRESA, 1984) de la gestión de los residuos radiactivos. En 1986 la JEN se integró en el Centro de Investigaciones Energéticas, Tecnológicas y Medioambientales (CIEMAT)⁵, que desde entonces ha continuado desarrollando programas de investigación en fisión y fusión nucleares, junto a otras tecnologías energéticas de tipo renovable y convencional.

La crisis del petróleo constituyó un arma de doble filo para el sector nuclear. Primero disparó la demanda de uranio y de centrales nucleares, contempladas como la alternativa ideal a los combustibles fósiles. Pero luego dejó en evidencia el sobredimensionamiento del proyecto nuclear, puesto que la crisis industrial derivada del shock energético dio al traste con las previsiones de crecimiento de la demanda eléctrica. A ello se sumó el aumento de los costes de construcción y operación de reactores (por la mejora de los sistemas de seguridad), las dificultades de acceso al crédito internacional (tras el aumento de los tipos de interés) y el movimiento antinuclear (que en España se fundió con el movimiento antifranquista).

Hacia 1979 se empezó a constatar un retraso generalizado en la construcción de centrales y una reducción de los planes nucleares en todo el mundo. En la España de principios de los años ochenta, los suministros contratados en el mercado internacional correspondían todavía a las necesidades reflejadas en el Plan Energético Nacional (PEN) de 1975, que contemplaba una potencia nuclear instalada de 21,7 GW en 1985. ENUSA se encontró con excedentes de uranio concentrado y enriquecido que superaban ampliamente las necesidades reales de los reactores españoles. Y las compañías eléctricas advirtieron que no podrían pagar los créditos concedidos en dólares para los reactores en construcción o proyecto. El PEN de 1983 redujo la potencia nuclear instalada a 7,7 GW e introdujo la moratoria, es decir la interrupción, primero temporal y luego definitiva, del programa nuclear español. La moratoria paralizó centrales en construcción y otros proyectos como el Centro de Investigación Nuclear de Soria y los reactores rápidos, además de otorgar a las empresas eléctricas una compensación que se repercutió a los consumidores en la factura eléctrica.

Pero la aventura nuclear española no acabó ahí. El aprendizaje, lejos de detenerse, continuó actualizándose, especialmente en cuestiones relacionadas con la seguridad, la ingeniería y las aplicaciones industriales. En un primer momento, España adoptó las pautas de seguridad y protección radiológica de los organismos internacionales y de los países suministradores de las centrales. Luego asimiló los protocolos recomendados por las entidades internacionales tras los grandes accidentes (Three Mile Island, Chernóbil y Fukushima). Expertos españoles formaron parte de las misiones de inspección a los lugares afectados y trasladaron sus informes al Congreso y a las instituciones y empresas nucleares (públicas y privadas), que enseguida internalizaron los nuevos procedimientos.

Como ocurrió en otros muchos países, el programa nuclear significó una gran oportunidad de crecimiento y modernización para la industria española, que introdujo nuevos elementos y equipos, revolucionó los conceptos de calidad y seguridad, y se acostumbró a trabajar en entornos internacionales, con efectos que se desplegaron por todo el tejido industrial del país. Tras la moratoria, se adecuó al nuevo contexto de pérdida de predicamento de la opción nuclear, diversificando negocios en línea con los Objetivos de

⁵ Ley 13/1986, de 14 de abril, de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica, *BOE* de 18 de abril de 1986.

Desarrollo Sostenible-ODS (labores de desmantelamiento, vigilancia radiológica o restauración paisajística), ampliando mercados y actuaciones en el exterior (a los países de América Latina se sumaron los de Asia y Europa del este), y emprendiendo, por lo general en el marco de proyectos internacionales, nuevas actividades en el área nuclear (reactores de fusión, pequeños reactores modulares). Hoy existe en España un clúster destacado de empresas nucleares, con un personal altamente cualificado, una intensa actividad de I+D+i y una elevada presencia mundial.

En definitiva, el sector nuclear, en el que confluyeron (y colaboraron) los intereses públicos y privados, permitió a España presentarse como una nación moderna, conectada internacionalmente, y capaz de manejar con éxito una de las tecnologías más avanzadas del siglo XX. Muy influenciada en sus inicios por las potencias nucleares extranjeras, España acabó por convertirse ella misma en un referente internacional. Todavía lo sigue siendo en algunas actividades y empresas. Cabe preguntarse dónde habríamos llegado si no se hubiese frenado el programa nuclear.

Realizar un recorrido por los grandes referentes nucleares internacionales de España (instituciones, procesos, individuos) es el objetivo general de esta publicación. De este modo, reunimos en un solo volumen publicaciones dispersas, al tiempo que ampliamos informaciones apenas tratadas hasta la fecha. Los contenidos han sido organizados en tres partes: la primera está dedicada a los organismos multilaterales; la segunda desciende al ámbito de las relaciones bilaterales; y la tercera examina las asociaciones empresariales y profesionales. Todos los autores cuentan con una dilatada trayectoria de investigación en temas relacionados con la historia nuclear, tanto española como internacional. Para la elaboración de sus respectivos capítulos, se han basado en numerosas publicaciones, centros de documentación y archivos históricos, cuyas referencias irán apareciendo a lo largo del libro. Los sitios webs mencionados han sido consultados entre enero de 2022 y enero de 2023. Como en todos los trabajos escritos "a varias manos", existen algunas diferencias de estilo entre los autores que los editores hemos preferido respetar. El lector puede encontrarse también con ciertas repeticiones, que no han sido eliminadas para garantizar la lectura independiente de cada uno de los capítulos.

Hemos tenido la suerte de contar con la colaboración desinteresada de una docena de expertos, que han aportado datos, corregido errores y ayudado a mejorar las primeras versiones de todos los capítulos. Vaya por delante nuestro agradecimiento a Alfonso de la Torre, presidente de la Comisión de Terminología de la Sociedad Nuclear Española, que volvió a confiar en nosotros para sacar adelante este proyecto y, como siempre, atendió a todos nuestros requerimientos sin perder un ápice de entusiasmo o paciencia. Agradecimiento que hacemos extensivo a Luis Echávarri, Faustino Acosta, Adolfo González de Ubieta, José Antonio Gago, Santiago San Antonio, Isabel Mellado, José M^a Martínez-Val, Eduardo González Gómez, Leopoldo Antolín, Agustín Alonso, Maite Domínguez, Luis Palacios e Ignacio Luis Soriano, magníficos profesionales del sector nuclear y protagonistas destacados de los procesos estudiados, que nos cedieron su tiempo y nos emocionaron con sus conocimientos y experiencias. No solo leyeron las versiones preliminares de los textos, aportando valiosísimas sugerencias, sino que además accedieron encantados a reunirse con nosotros de manera virtual para explicar sus correcciones y contestar a todas nuestras preguntas. Su preparación, bagaje profesional y redes de contactos internacionales son realmente asombrosos. Basta con conocer sus trayectorias para entender por qué la energía nuclear ha contribuido tan decisivamente a mejorar la posición científica, tecnológica e industrial de España en el mundo.

Incluimos también en nuestros agradecimientos al Departamento de Economía e Historia Económica y al Instituto de Estudios de la Ciencia y la Tecnología de la Universidad de Salamanca, así como al proyecto de investigación *Los condicionantes del cambio tecnológico en España, 1950-2020: formación e investigación* (Ministerio de Ciencia e Innovación, ref. PID2021-128653NB-I00), que han dotado de cobertura académica al trabajo y puesto a nuestra disposición diversos y eficaces recursos humanos y materiales.

Por supuesto, todos los errores o carencias son responsabilidad exclusiva de los autores. Seguimos aprendiendo.

Esther Sánchez y Santiago López, coordinadores

REFERENCIAS

ACOSTA, Faustino, coord. (2022), *El desarrollo de la industria nuclear en España. Contexto y retos empresariales*, Madrid, Sociedad Nuclear Española.

CARO, Rafael et al. (1995), *Historia nuclear de España*, Madrid, Sociedad Nuclear Española.

DE ANDRÉS, Juan Ramón (2005), *José María Otero de Navascués Enríquez de la Sota, marqués de Hermosillo. La baza nuclear y científica del mundo hispánico durante la Guerra Fría*, Madrid, Plaza & Valdés.

DROGAN, Mara (2016), "The Nuclear Imperative: Atoms for Peace and the development of US policy on exporting nuclear power, 1953-1955", *Diplomatic History*, 40, pp. 948-974.

KRIGE, John (2016), *Sharing Knowledge, Shaping Europe: US Technological Collaboration and Nonproliferation*, Cambridge, The MIT Press.

PÉREZ FERNÁNDEZ-TURÉGANO, Carlos (2016), *José María Otero Navascués. Un marino comprometido con el desarrollo Nuclear de España*, Madrid, Sociedad Nuclear Española.

ROMERO DE PABLOS, Ana (2012), "Poder político y poder tecnológico: el desarrollo nuclear español (1950-1975)", *Revista CTS*, 21, pp. 141-162.

ROMERO DE PABLOS, Ana (2018), "Prensa y tecnología en la España de Franco: Del secreto a la política atómica pública", *Dynamis*, 38, pp. 189-218.

ROMERO DE PABLOS, Ana (2019), *Las primeras centrales nucleares españolas. Actores, políticas y tecnologías*, Madrid, Sociedad Nuclear Española.

ROMERO DE PABLOS, Ana y SÁNCHEZ-RON, José Manuel (2001), *Energía nuclear en España. De la JEN al CIEMAT*, Madrid, CIEMAT.

RUBIO-VARAS, Mar y DE LA TORRE, Joseba (2016), "Nuclear power for a dictatorship: State and business involvement in the Spanish atomic program 1950-1985", *Journal of Contemporary History*, 51, pp. 385-411.

RUBIO-VARAS, Mar y DE LA TORRE, Joseba, eds. (2017), *The Economic History of Nuclear Energy in Spain: Governance, Business and Finance*, Palgrave Macmillan.

SÁNCHEZ, Esther M. y LÓPEZ, Santiago M. (2021), *Historia del uranio en España. De la minería a la fabricación del combustible nuclear, c. 1900-1986*, Madrid, Sociedad Nuclear Española.

TURCHETTI, Simone y ROBERTS, Peder, eds. (2014), *The Surveillance Imperative: Geosciences during the Cold War and Beyond*, New York, Palgrave.

TWIGGE, Stephen (2016), "The Atomic Marshall Plan: Atoms for Peace, British Diplomacy and Civil Nuclear Power", *Cold War History*, 16 (2), pp. 213-230.

VELARDE, Guillermo (2016), *Proyecto Islero. Cuando España pudo desarrollar armas nucleares*, Córdoba, Guadalmazán.

VILLENA, Leonardo (1983), "José María Otero, un científico internacional", *Arbor*, 450, pp. 95-108.

Parte 1. España y los organismos nucleares internacionales

ESTHER SÁNCHEZ Y SANTIAGO LÓPEZ

«In fact, we did no more than crystallize a hope that was developing in many minds in many places [...] the splitting of the atom may lead to the unifying of the entire divided world»⁶.

Dwight D. Eisenhower (1957)

Los años que siguieron a la II Guerra Mundial estuvieron marcados por el avance del multilateralismo institucionalizado. Muchos de los grandes organismos multilaterales que hoy conocemos se crearon en aquella etapa, a fin de acelerar la reconstrucción, reconciliación y crecimiento socioeconómico de las naciones por la vía de la cooperación internacional. El sector nuclear se insertó de lleno en aquella corriente de multilateralismo. Las ideas expresadas por el presidente Eisenhower en su discurso de 1953 *“Atoms for Peace”* alentaron la creación de organismos nucleares en el marco de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la Organización Europea de Cooperación Económica (OECE, rebautizada en 1960 como Organización de Cooperación y Desarrollo Económico-OCDE) y la Comunidad Económica del Carbón y del Acero (CECA), germen de la Unión Europea. Después surgirían otras entidades específicas, como el CERN (1953) para la investigación en física de altas energías, Eurochemic (1957), encargado del tratamiento químico del combustible gastado, o Eurodif (1973), dedicado al enriquecimiento industrial del uranio.

En 1957 la ONU puso en marcha el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA, IAEA por sus siglas en inglés) para promover el uso de las tecnologías nucleares con fines pacíficos y en condiciones de seguridad tecnológica y física. España figuraba entre sus 55 países fundadores. La Agencia Europea para la Energía Nuclear (AEEN, ENEA por sus siglas en inglés, posteriormente Agencia de Energía Nuclear-AEN, NEA en inglés) se fundó en 1958 en el seno de la OECE, institución creada en 1948 para administrar la ayuda del Plan Marshall. Se le encomendó la gestión de las actividades nucleares de los Estados miembros, con el objetivo de fomentar el desarrollo racional y la utilización de la energía nuclear con fines pacíficos. España, que había sido excluida del

⁶ *“En realidad, no hicimos más que cristalizar una esperanza que iba creciendo en muchas mentes en muchos lugares [...] la división del átomo podría llevar a la unificación del mundo dividido”.* Fragmento del discurso del Presidente de Estados Unidos Dwight D. Eisenhower en la rueda de prensa que siguió a la creación oficial del OIEA, Washington DC, 29 de julio de 1957.

Plan Marshall, firmó un acuerdo de asociación con la OECE a comienzos de 1958, aunque hubo de esperar año y medio para lograr el acceso como miembro de pleno derecho. En consecuencia, España ingresó en la Agencia nuclear de la OECE-OCDE en 1959, coincidiendo con la aprobación del Plan de Estabilización y la liberalización económica. La dictadura retrasó no obstante durante varios decenios la integración de España en Euratom. Los tratados constitutivos de la Comunidad Económica Europea (CEE) y la Comunidad Europea de la Energía Atómica (Euratom) se firmaron en Roma en 1957, pero España quedó fuera de ambos organismos hasta 1986, ya con el gobierno socialista en el poder. En todo caso, existieron vínculos fluidos mucho antes de esa fecha, como intentaremos demostrar en este trabajo.

Cuando se conformó ese marco institucional supranacional de la energía atómica (OIEA, NEA, Euratom, que trabajaron en estrecha colaboración), España estaba aún intentando regresar a la esfera internacional, de la mano de Estados Unidos y de los Pactos de 1953. Fueron los científicos los que actuaron como “diplomáticos” en estos primeros momentos en los que los políticos españoles poco podían hacer. De hecho, los organismos nucleares internacionales permitieron entrar a España a pesar de su régimen político gracias al crédito científico de sus expertos nucleares. En materia nuclear, España era no solo respetada, sino incluso admirada internacionalmente.

Si la incorporación de España a la ONU, la OECE-OCDE y posteriormente la CEE resultaron esenciales en su rehabilitación internacional y su desarrollo económico, también las relaciones con sus organismos nucleares, que comenzaron a gestarse desde el mismo momento de su fundación, resultaron fundamentales para el avance del país. De hecho, todos estos organismos apoyaron sin fisuras el desarrollo del sector nuclear en España, dada su alta contribución al crecimiento, la modernización tecnológica y el suministro de energía. En este entramado internacional brilló con luz propia Otero Navascués, que participó en los principales foros y reuniones multilaterales y bilaterales, y accedió a cargos de responsabilidad tan destacados como presidente de la Agencia nuclear de la OCDE (1961) y gobernador (1968) y presidente de la Conferencia General (1971) del OIEA.

La explosión de multilateralismo que envolvió la actuación pública desde los años cincuenta se transmitió a la esfera privada. Así, las empresas vinculadas al átomo crearon organizaciones supranacionales, a las que España se fue progresivamente incorporando. Un ejemplo destacado es el Forum Atómico Europeo (Foratom, hoy Nuclear Europe), el lobby de la industria nuclear europea integrado por multinacionales de viejo cuño y empresas de fundación reciente relacionadas con la industria nuclear. España se asoció a Foratom en 1962, tras la creación ese mismo año del Forum Atómico Español (denominado desde 1996 Foro de la Industria Nuclear Española o, simplemente, Foro Nuclear).

Esta primera parte del libro está estructurada en tres capítulos. El primero, dedicado al OIEA, ha sido elaborado por Ana Romero de Pablos, investigadora del CSIC especialista en la Historia de la Ciencia y la Tecnología. Su trabajo muestra la complejidad de la institución, su protagonismo en el establecimiento de normas internacionales de seguridad nuclear y protección radiológica, y las transformaciones y mejoras que lideró a raíz de los tres grandes accidentes nucleares mundiales: Three Mile Island (1979), Chernóbil (1986) y Fukushima (2011). España, gracias al trabajo sobresaliente de unos pocos organismos y expertos, logró adoptar y adaptar con éxito todos aquellos procedimientos.

Al OIEA se le confió también la responsabilidad de verificar el cumplimiento del Tratado de No Proliferación Nuclear (TNP), firmado en 1968 (en vigor desde 1970 y renovado en 1995). En virtud del TNP, los países firmantes que no poseían el arma atómica se comprometían a no fabricarla, mientras que los Estados poseedores de ar-

mas nucleares prometían no ayudar, alentar o inducir en forma alguna a ningún firmante del TNP a producirla o adquirirla. Todos los países firmantes debían concertar con el OIEA un acuerdo de salvaguardias para verificar el cumplimiento de las obligaciones asumidas, con miras a impedir que la energía nuclear se desviase desde usos pacíficos hacia usos militares. De todo ello da cuenta Ana Romero en este primer capítulo.

El segundo capítulo ha sido realizado por Lorenzo Delgado, investigador del CSIC experto en Historia de las Relaciones Internacionales y las transferencias educativas y científicas euroatlánticas. El autor examina el contexto internacional en el que se creó la Agencia nuclear de la OECE-OCDE, así como su labor en los campos siguientes: el desarrollo de reglamentos atómicos uniformes para Europa; el estudio de los aspectos económicos de la energía nuclear; y la armonización de los programas nacionales de investigación, fomentando la cooperación científica y técnica entre los países miembros y el intercambio de información y personal. El autor se centra después en la incorporación de España y la participación de los expertos españoles en los diversos grupos de trabajo y estudios técnicos de la NEA, destacando la trayectoria de algunas personalidades clave.

El tercer capítulo que integra esta primera parte está firmado por Mar Rubio-Varas y Joseba De la Torre, profesores de Historia Económica en la Universidad Pública de Navarra. Tras presentarnos la constitución de Euratom y sus dificultades internas, indagan en la “prehistoria” de las relaciones España-Euratom, identificando los principales acuerdos, actores y sectores de colaboración anteriores a 1986. Estas relaciones facilitaron sin duda el ingreso posterior de España en Euratom como miembro de pleno derecho, con capacidad de decisión e incluso liderazgo en los programas de seguridad e investigación.



NACIONES UNIDAS



IAEA



OECD

NEA
NUCLEAR ENERGY AGENCY

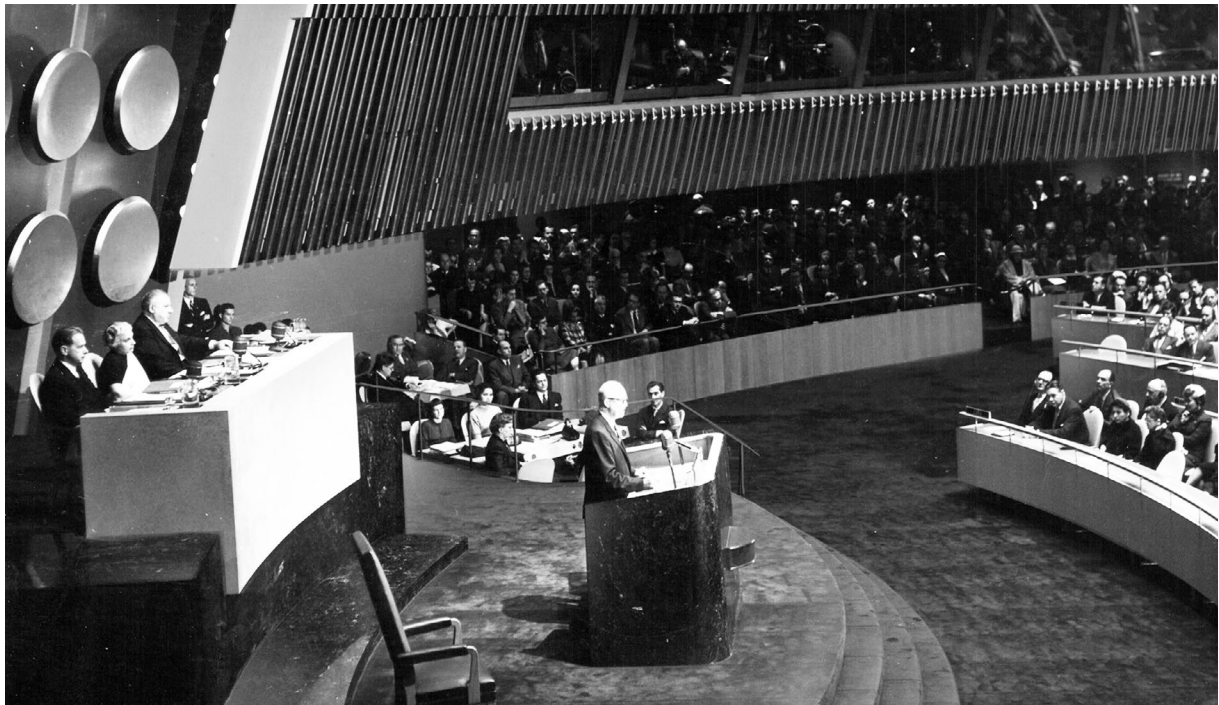
Unión Europea



Capítulo 1.1 España y el Organismo Internacional de la Energía Atómica

ANA ROMERO DE PABLOS

Es de sobra conocido que el Organismo Internacional de la Energía Atómica-OIEA (en inglés, International Atomic Energy Agency-IAEA), tuvo su origen en el discurso “Átomos para la Paz” que pronunció el presidente de Estados Unidos Dwight D. Eisenhower en diciembre de 1953. Habían pasado ocho años desde el lanzamiento de las bombas atómicas sobre Hiroshima y Nagasaki, y siete desde el primer intento por tratar de reconducir esos inicios tan destructivos y desoladores que mostraba la tecnología atómica: en enero de 1946 se había creado la Comisión de Energía Atómica de Naciones Unidas (CEANU) con representantes de Estados Unidos, la Unión Soviética, Canadá y Reino Unido. Aunque hubo propuestas tanto norteamericanas como rusas para acercar posiciones, esta Comisión apenas tuvo actividad y fue disuelta por Naciones Unidas (ONU) en 1952. A pesar de su poca influencia, esta comisión puede ser considerada un antecedente del OIEA.



Conferencia “Átomos para la Paz” del presidente Eisenhower en la Asamblea General de la ONU, New York, 8 de diciembre de 1953. Fuente: OIEA.

En abril de 1955 comenzó en Washington la elaboración de un proyecto de estatuto para este organismo. En esta primera reunión participaron representantes de los gobiernos de Australia, Bélgica, Canadá, Francia, Portugal, Sudáfrica, Reino Unido y Estados Unidos. Entre sus funciones debían estar, siguiendo lo expresado por el presidente Eisenhower, el control, almacenaje y protección de los materiales atómicos, así como reflexionar sobre los métodos que permitieran destinar en exclusiva estos materiales a servir los “propósitos pacíficos de la humanidad”⁷. A comienzos de 1956 el grupo se amplió a doce países tras la incorporación de la Unión Soviética, Checoslovaquia, India y Brasil. En octubre de 1956, en una conferencia de la ONU celebrada en New York, los ochenta y dos Estados miembros aprobaron el estatuto del OIEA, aunque no entró en vigor hasta el 29 de julio de 1957⁸. En unos momentos críticos, marcados en Oriente Medio por el control del canal de Suez y en Europa por la invasión soviética de Hungría, se acordaban y establecían responsabilidades para el control y desarrollo de la energía nuclear con fines exclusivamente pacíficos.

Contamos con una amplia literatura para comprender lo que significó y significa hoy día este organismo, integrado por 175 Estados miembros. Por un lado, la propia institución edita un número importante de publicaciones periódicas que, si bien son producto de memorias e informes elaborados por los propios funcionarios, incorporan datos de gran interés para hacer un estudio histórico de esta institución⁹. Por otro, contamos con trabajos de personas que, aunque han estado muy vinculadas a este organismo, como son David Fischer y Paul Szasz, ofrecen una mirada externa que excede el espacio de los memorándums y los informes¹⁰. David Fischer fue un diplomático sudafricano que participó activamente en la redacción del estatuto del OIEA entre 1954 y 1956, y que desde 1957 y hasta 1982 dirigió las relaciones exteriores de la organización. Por su parte, Paul Szasz fue un especialista en derecho internacional que ayudó a pensar y redactar distintas normativas del OIEA destinadas a impedir el uso militar de la energía atómica.

Más recientemente, desde la historia y los estudios culturales de la ciencia y la tecnología se han publicado otros trabajos que han visibilizado a esta institución como uno de los espacios fundamentales para entender, en toda su complejidad, el protagonismo que ha cobrado la diplomacia científica en la segunda mitad del siglo XX¹¹. Otros trabajos han entrado en los archivos del OIEA para estudiar su papel como generador y distribuidor de conocimientos atómicos, así como en el diseño de políticas de control, estandarización y protección radiológica¹².

Este capítulo está organizado de la manera siguiente. En primer lugar, trazaré la historia del OIEA a partir de las normativas generadas en las sucesivas convenciones y misiones en materia de seguridad y protección radiológica (política de salvaguardias), estrechamente relacionadas con el Tratado sobre la No Proliferación de armas nucleares (TNP). En segundo lugar, examinaré el comportamiento del OIEA tras los accidentes de Three

⁷ Texto completo del discurso en <https://www.iaea.org/about/history/atoms-for-peace-speech>.

Sobre la campaña Átomos para la Paz, ver Hewlett y Holl (1989) y Kenneth (2006).

⁸ El estatuto del OIEA puede consultarse en <https://www.iaea.org/es/el-oiea/estatuto>

⁹ Nos referimos al *Boletín del OIEA*, el *IAEA Newsbriefs*, el *Anuario del OIEA*, los *Informes Anuales del OIEA* y el *Daily Pres Review* del OIEA.

¹⁰ David Fischer (1993, 1997, 2000) y Szasz (1993).

¹¹ Ver, entre otros, Rentetzi & Ito (2021a), Germanese y Rentetzi (2023) y *New Frontiers of Science Diplomacy. Navigating the changing balance of power* (2010). Royal Society & Association for the Advancement of Science, https://www.aas.org/sites/default/files/New_Frontiers.pdf

¹² Rentetzi (2021b), Suarez Díaz y Mateos (2015, 2023) y Romero de Pablos (2019a, 2022).

Mile Island (1979), Chernóbil (1986) y Fukushima (2011). Por último, me centraré en la relación entre el OIEA y España, para ver cómo repercutió en las instituciones reguladoras y en el parque atómico español la entrada del país en este organismo en 1957.

1.1.1. El Organismo Internacional de la Energía Atómica

El OIEA se creó con el propósito de que el desarrollo de la energía atómica promoviera la paz, la salud y la prosperidad en el mundo entero. Además, este Organismo debía garantizar que la asistencia que prestase, o la que se prestara a petición suya o bajo su dirección o control, no fuera nunca utilizada para fines militares.

En la práctica, puede parecer que el OIEA es un organismo dependiente de la ONU¹³. Su director general debe defender y someter a la aprobación de la Asamblea General de Naciones Unidas los informes anuales. También debe informar a su Consejo de Seguridad sobre asuntos relacionados con la paz y la seguridad internacionales, y cuando procede, sobre el incumplimiento por parte de los Estados de sus obligaciones en materia de salvaguardias. No obstante, el OIEA se define en sus estatutos como un organismo autónomo e intergubernamental controlado por una Conferencia General de Estados miembros y por una Junta de Gobernadores, que a día de hoy componen 35 países. El poder político lo tiene la Junta de Gobernadores y la ejecución y gestión de esas políticas recae en la Secretaría que ocupa el director general¹⁴. De esta Dirección dependen los distintos grupos asesores, entre ellos el de salvaguardias y el de seguridad, que tuvieron y tienen, como veremos, responsabilidades de peso dentro del organismo.

En esos primeros estatutos, acordados en octubre de 1956 en la sede de Naciones Unidas en New York, y aprobados en julio de 1957, las responsabilidades asignadas al OIEA en materia de seguridad nuclear y protección radiológica quedaron agrupadas en cinco puntos: 1) facilitar y fomentar la investigación, el desarrollo y la aplicación práctica de la energía atómica con fines pacíficos; 2) proveer los materiales, servicios, instalaciones y equipos necesarios para la investigación, el desarrollo y la aplicación práctica de la energía atómica con fines pacíficos, incluida la producción de energía eléctrica; 3) impulsar el intercambio de información científica y técnica; 4) fomentar el intercambio y la formación de técnicos; y 5) establecer y aplicar normas de seguridad

¹³ La ONU ya contaba desde 1955 con un comité científico para estudiar los efectos de las radiaciones ionizantes, el Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Las preocupaciones sobre los efectos de estas radiaciones en las personas y el medio ambiente habían llevado a su Asamblea General a crearlo con un mandato claro: evaluar y notificar los niveles y efectos de la exposición a las radiaciones ionizantes. En la actualidad, este Comité ostenta la autoridad sobre radiaciones y protección radiológica y todos los gobiernos utilizan sus datos para evaluar riesgos y establecer las medidas de protección. Su historia en:

<https://www.unscear.org/unscear/en/about-us/historical-milestones.html>

¹⁴ Desde 1957 el OIEA ha tenido cinco directores generales. El norteamericano Sterling Cole desempeñó el puesto desde 1957 hasta 1961; el científico sueco Sigvard Eklund lo hizo durante veinte años, de 1961 a 1981; otro sueco, Hans Blix, le sucedió entre 1981 y 1997; el egipcio Mohamed ElBaradei fue el cuarto, desde 1997 hasta 2009; el quinto fue el japonés Yukiya Amano, desde 2009 hasta 2019; y desde esta fecha está el argentino Rafael M. Grossi. En 2005, durante el mandato de ElBaradei, el OIEA y su director general fueron galardonados con el Premio Nobel de la Paz, "por sus esfuerzos para lograr que la energía nuclear se utilice exclusivamente con fines pacíficos y de la manera más segura posible" (<https://www.un.org/es/about-us/nobel-peace-prize/iaea-2005>). Dos años después, ElBaradei sería investido Doctor Honoris Causa por la Universidad Politécnica de Madrid, actuando como padrino Emilio Mínguez.

destinadas a evitar que los materiales fisionables y otros especiales, así como los servicios, bienes de equipo, instalaciones e información suministrados por el organismo, fuesen utilizados con fines militares¹⁵.

Este último punto fue desde el principio el más difícil de gestionar. Por ello, el OIEA organizó el sistema de salvaguardias, con el fin de controlar y evitar en lo posible el desvío de materiales nucleares civiles para uso militar.

Según David Fischer (2000), las salvaguardias se institucionalizaron a escala regional en 1957 con la creación de la Comunidad Europea de la Energía Atómica (Euratom)¹⁶, y a escala internacional con la creación del OIEA aquel mismo año. En América Latina, Argentina y Brasil organizaron también un sistema bilateral de salvaguardias que fue administrado conjuntamente por la Agencia Argentina-Brasileña de Contabilidad y Control Nuclear (ABACC) y el OIEA.

Estas salvaguardias, como ya he mencionado, tenían y tienen por objeto verificar que el material y la tecnología nucleares sólo se utilicen para los fines acordados. Todas prohíben destinar o desviar esos elementos a la fabricación de armas nucleares o cualquier otro artefacto nuclear explosivo, y en general a cualquier uso no pacífico de la energía nuclear. Aquí el OIEA tiene un papel determinante como organismo verificador del cumplimiento de estas restricciones, un cumplimiento del que tiene obligación de informar a la Asamblea General y eventualmente al Consejo de Seguridad de la ONU.

Al igual que el OIEA, Euratom debe en gran medida el desarrollo de su régimen de salvaguardias a los requisitos de la política de Estados Unidos, líder mundial en materia nuclear. Por ello, algunos países, como Francia, expresaron pronto sus reticencias a poner sus reservas de materiales fisionables bajo el control del OIEA, al considerar que esto significaba someterse a los intereses de las políticas atómicas norteamericanas. Según expresa Fischer, estas reticencias no solo vinieron de los Estados europeos: los artífices de las políticas nucleares estadounidenses también se mostraron divididos. Algunos eran partidarios de que las exportaciones a Europa Occidental se sometieran a las salvaguardias del OIEA, pero otros apoyaron que estos materiales estuvieran solo controlados por las de Euratom, con un doble objetivo: reforzar la unidad de Europa y afianzar, ofreciendo una muestra de confianza, los vínculos con Estados Unidos.

La controversia estaba servida. Por ello, durante la década de los años sesenta el OIEA tuvo que trabajar para encontrar los mejores argumentos que defendieran sus salvaguardias. Por un lado, estaban los que las veían como una estrategia para frenar el progreso científico y técnico de los países entonces en proceso de desarrollo; estos solo aceptaron firmar las salvaguardias del OIEA cuando tuvieron claro que ese era el precio para acceder a la tecnología norteamericana. Y por otro, los que veían en las salvaguardias una amenaza potencial para Euratom. En 1961 se aprobó el primer sistema de salvaguardias del OIEA y en 1963 la Unión Soviética, ante la sorpresa de Occidente, expresó inesperadamente su apoyo. A partir de entonces la Junta de Gobernadores pudo aprobar un sistema de salvaguardias que cubría todos los tipos y tamaños de centrales nucleares. Solo quedaron fuera las instalaciones que estaban autorizadas para enriquecer uranio. Esta excepción se explica porque entonces solo las instalaciones norteamericanas estaban autorizadas para ello¹⁷.

¹⁵ Se puede consultar el texto completo de los estatutos en <https://www.iaea.org/es/el-oiea/estatuto>

¹⁶ Ver capítulo sobre Euratom en este mismo volumen.

¹⁷ A mediados de los sesenta las únicas plantas autorizadas para enriquecer uranio eran las que dependían de la Atomic Energy Commission norteamericana (AEC). En esos años en Estados Unidos había tres instalaciones con el equipamiento necesario para enriquecer uranio: la planta K-25 de Oak Ridge en Tennessee, que pasó a depender de la AEC en 1947, dos años después de que terminara la II Guerra Mundial; la de Paducah en Kentucky (1952); y la de Portsmouth en Ohio (1954). Las tres utilizaban el mismo método para enriquecer el mineral, la difusión gaseosa. Para conocer el detalle de este método, ver Sánchez y López (2021), pp. 24 y 25.

Las salvaguardias se diseñaron para ser aplicadas a suministros concretos (y no a todo el ciclo de combustible) de cualquier país no poseedor de armas nucleares, proporcionaron al TNP —en fase de negociación desde 1965— una base y un sistema de verificación sobre el que trabajar. Con la apertura a la firma del TNP en 1968 se hizo urgente decidir qué salvaguardias debían aplicarse en los Estados no poseedores de armas nucleares que habían suscrito el acuerdo.

El Tratado de No Proliferación Nuclear

El TNP entró en vigor el 5 de marzo de 1970. Lo firmaron Estados Unidos, Reino Unido y la Unión Soviética, países que habían sido ya responsables de distintos ensayos nucleares. Otros países que, como Alemania occidental y Japón, no poseían armas atómicas, pero sí planes para la producción a gran escala de energía eléctrica de origen nuclear, estaban decididos a defender los derechos de sus industrias para realizar todas las actividades nucleares civiles que consideraran, incluido el enriquecimiento del uranio y el reprocesamiento del combustible gastado para recuperar plutonio. Para los Estados no poseedores de armas atómicas sólo era defendible aplicar las salvaguardias a las industrias nucleares de los países que poseían estas armas. Por ello, y para que el TNP fuera aceptado por los principales Estados no poseedores de armas atómicas, fue necesario negociar y acordar un nuevo sistema global de salvaguardias.

La Junta de Gobernadores del OIEA aprobó este nuevo sistema de salvaguardias en 1971. Pero no fue hasta 1975-1976 cuando los Estados no poseedores de armas atómicas de la Comunidad Económica Europea (CEE) y Japón ratificaron el TNP. Estas ratificaciones fueron posibles gracias a los acuerdos que combinaron las salvaguardias del OIEA con las de Euratom y con el sistema de verificación japonés. Casi todos los Estados industrializados, y gran parte de los países en vías de desarrollo, ratificaron el TNP y aceptaron las salvaguardias generales en el transcurso de los años setenta. España, como veremos más adelante, no ratificó el Tratado hasta 1987; y hasta principios de los años noventa estuvieron también ausentes China y Francia, dos Estados poseedores de armas nucleares, y otros países que, como Argentina, Brasil, India, Israel, Pakistán y Sudáfrica, ya contaban con desarrollos industriales en el ámbito nuclear.

El fin de la Guerra Fría cambió las relaciones entre los principales Estados nucleares y redibujó un nuevo mapa político en Europa del Este. En las décadas de los años ochenta y noventa del siglo XX se dieron distintos avances en materia de desarme nuclear que quedaron reflejados en el Tratado para la Prohibición de las Armas Nucleares en América Latina. En 1995 el TNP parecía acercarse a la universalidad y las salvaguardias del OIEA aparentaban poder cubrir todas las actividades nucleares de los países no poseedores de armas atómicas. La Conferencia de 1995, que contempló la revisión y aplazamiento del TNP, prorrogó indefinidamente su duración y otorgó a sus acuerdos el carácter de permanentes. Esta reunión reafirmó el compromiso de los Estados del TNP, especialmente los poseedores de armas atómicas, con el desarme nuclear total. El acuerdo se plasmó en el Tratado de Prohibición Completa de los Ensayos Nucleares (*Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty-CTBT*), que fue firmado el 10 de septiembre de 1996, aunque quedó pendiente de ratificar por ocho Estados¹⁸.

Menos de un año después, en mayo de 1997, la Junta de Gobernadores del OIEA aprobó el Modelo de Protocolo Adicional, un acuerdo de salvaguardias dotado de instrumentos de verificación adicionales¹⁹. En particular, in-

¹⁸ El CTBT dispone de un sistema mundial de seguimiento de pruebas nucleares en tierra, mar y aire. La organización del Tratado se ubica en Viena, sede del Centro Internacional de Datos.

¹⁹ INFCIRC/540 (corrected), *Model Protocol Additional to the Agreement(s) between State(s) and the IAEA for the Application of Safeguards* – Spanish (<https://www.iaea.org/sites/default/files/infcirc540c.pdf>).

crementa significativamente la capacidad del OIEA para verificar que todos los materiales nucleares presentes en Estados con acuerdos de salvaguardias amplias se utilizan con fines pacíficos, y autoriza que los inspectores del OIEA puedan extender su actuación más allá de lo previsto en los lugares designados.

1.1.2. El OIEA, los accidentes nucleares y la cultura de seguridad

Aunque los tres grandes accidentes nucleares ocurridos en el pasado siglo XX y primeros años del XXI, Three Mile Island (1979), Chernóbil (1986) y Fukushima (2011), ampliaron el grado de desafección, de inquietud y de incertidumbre frente a la tecnología nuclear, también es cierto que estos tres accidentes pusieron en marcha grupos transnacionales de trabajo que dieron lugar a nuevas normativas en materia de seguridad y protección radiológica. Tras los accidentes, el OIEA promovió la publicación de numerosas normas y guías de seguridad (*Safety series*), que ampliaron y redefinieron las relaciones de este organismo no solo con los Estados afectados por los accidentes, sino además con el resto de los Estados miembros. Los accidentes impulsaron nuevos y múltiples ensayos y revisiones, tanto de las normativas como de las prácticas y tecnologías nucleares.

Todo ello ocasionó cambios epistémicos: los posibles daños y riesgos que los accidentes evidenciaron quedaron subsumidos, aparentemente ordenados y controlados, bajo el concepto de *cultura de la seguridad* (*Safety culture*)²⁰.

Utilizaré este concepto, que fue expresado por primera vez tras el accidente de Chernóbil y sus diferentes interpretaciones, para reflexionar sobre las intervenciones que se produjeron tras los accidentes, qué y quiénes participaron de ellas, los espacios de discusión que se abrieron y los conocimientos que se generaron. Es de sobra conocido que los accidentes tuvieron gran repercusión social, pero quizá lo sea menos que también condicionaron los equilibrios y los trabajos internos del OIEA.

Recordemos que, desde el principio, entre los cometidos que tenía asignados el OIEA en materia de seguridad nuclear y protección radiológica figuraba la obligación de notificar accidentes nucleares e investigar las causas y responsabilidad de los mismos, así como promover la asistencia mutua en caso de emergencias radiológicas entre los distintos Estados miembros.

²⁰ El diccionario de la SNE recomienda el término *Safety* para referirse a la seguridad nuclear o tecnológica. Lo define como los "requisitos reglamentarios, procedimientos administrativos y dispositivos técnicos, establecidos bajo la supervisión de la autoridad competente del Estado, para prevenir accidentes por causas internas y externas a la instalación, mitigar sus consecuencias en caso de que se produzcan, limitar la liberación incontrolada de productos radiactivos al exterior y proteger a la población potencialmente afectada y al medio ambiente contra daños radiológicos, en todas y cada una de las fases de la vida de una instalación o actividad nuclear o radiactiva, desde la concepción hasta el desmantelamiento y clausura, incluyendo, según proceda, la selección del emplazamiento, el diseño y construcción, la puesta en servicio, la operación, el desmantelamiento y la gestión de los residuos radiactivos y del combustible nuclear usado". Se puede consultar en: <https://www.sne.es/diccionario-nuclear/seguridad-nuclear-rev-1/>. Por otra parte, el término *Security* se recomienda para referirse a la seguridad física, y se define como los "requisitos reglamentarios, procedimientos administrativos y dispositivos técnicos y recursos humanos establecidos bajo la supervisión de la autoridad competente del Estado para prevenir, detectar y responder de la sustracción, acceso no autorizado, transferencia ilegal u otros actos dolosos relacionados con sustancias nucleares o productos radiactivos, y prevenir, detectar y responder a actos de sabotaje en las instalaciones y actividades nucleares y radiactivas en las que se manipulen o almacenen sustancias nucleares o productos radiactivos", <https://www.sne.es/diccionario-nuclear/proteccion-nuclear/>

La participación directa del OIEA en el control de la seguridad de los reactores nucleares comenzó con el análisis de un accidente que se produjo en 1958 en un reactor de investigación instalado en el Instituto Vinča (Vinča Institute of Nuclear Sciences) en Yugoslavia, así como con el estudio del proyecto de seguridad del reactor japonés JRR-314. El accidente de Yugoslavia dio lugar a la primera publicación del OIEA sobre este tema, que incluyó estudios de todos los accidentes de reactores que hasta entonces no habían sido clasificados²¹.

En junio de 1963 la Junta de Gobernadores aprobó el primer acuerdo internacional que regulaba la prestación de asistencia en caso de accidente nuclear. Y diez años después, en 1974, el OIEA puso en marcha un nuevo programa de Normas de Seguridad Nuclear (*Nuclear Safety Standards-NUSS*), con las que buscaba garantizar la seguridad del diseño, el emplazamiento y el funcionamiento de los reactores nucleares de potencia entonces existentes²². Este conjunto de normas no fue bien recibido por la totalidad de los Estados miembros: encontró resistencias por parte de algunos expertos en seguridad nuclear franceses y alemanes, que vieron en la nueva normativa un intento de limitar sus industrias nucleares mediante la imposición de las pautas norteamericanas.

En el momento del accidente de Three Mile Island, el OIEA había publicado ya diez normativas de seguridad de la serie NUSS y se encontraba preparando muchas otras²³.

Three Mile Island

El 28 de marzo de 1979 el núcleo del reactor TMI-2 de la central de Three Mile Island (Pensilvania) se sobrecalentó y sufrió una fusión parcial del núcleo. El accidente, que se inició por fallos mecánicos en la central, se vio agravado por una combinación de errores humanos en la respuesta que se dio al mismo: se apagó por error el sistema de refrigeración de emergencia de la central.

Durante los cuatro días siguientes, el alcance y gravedad del accidente no estuvieron claros para los responsables de la central ni para los funcionarios federales y estatales norteamericanos, y por supuesto tampoco lo estuvieron para la sociedad en general. Fue el primer accidente grave en una central nuclear y el efecto psicológico en la población de los alrededores y en todo el mundo occidental fue importante. También lo fueron el daño a la central y a la reputación de la industria nuclear. Ésta fue la razón por la que, dos semanas después del accidente, el presidente norteamericano Jimmy Carter creó una comisión para investigar lo ocurrido y tratar de dar respuestas a las preocupaciones generadas.

Junto a esta investigación, se pusieron en marcha otras en Estados Unidos desde el Congreso, la industria y las empresas constructoras afectadas. Incluso hubo también una investigación interna para evaluar cómo se había comportado la Nuclear Regulatory Commission (NRC), el organismo regulador norteamericano. Paralelamente, el OIEA puso por supuesto en marcha su propia investigación.

²¹ Fischer (1997), p. 185. Por ejemplo, en octubre de 1957 se había producido un incendio en el grupo 1 de la central de Windscale, en Reino Unido, que pudo originar entre 200 y 240 víctimas de cáncer. Otro accidente destacable fue el que se produjo en 1961 en el reactor militar experimental SL-1 instalado en la National Reactor Testing Station de Estados Unidos, que causó tres muertos. Tras este accidente, se mejoraron las prácticas de seguridad y, particularmente, se extendió la obligación de disponer en las centrales nucleares de procedimientos escritos de operación y mantenimiento.

²² Fischer (1997), pp. 188 y 210.

²³ Fischer (1997), p. 188.

Algunos de los informes norteamericanos señalaron que, si los técnicos hubieran mantenido activos los sistemas de refrigeración de emergencia durante las primeras etapas del accidente, Three Mile Island no habría pasado de un mero incidente. Pero otros, como el Informe que redactó la Comisión que se formó por encargo de Jimmy Carter (Informe Kemeny) indican que, aunque esta circunstancia era cierta, no explicaba las causas fundamentales del accidente, puesto que existían otros factores que habían contribuido significativamente a la confusión y al fallo humano²⁴.



El presidente Carter visitando la central de Three Mile Island tras el accidente, 1 de abril de 1979.

Fuente: Wikipedia.

La lectura atenta de las filiaciones de las personas que conformaron la Comisión sugiere que este grupo de “sabios” fue seleccionado para cubrir todos los espacios, satisfacer a la ciudadanía y transmitir tranquilidad. Estaban representados el poder político (el gobernador del estado de Arizona) y los intereses empresariales a través de una empresa focalizada en el desarrollo de tecnología militar y de defensa (Texas Instruments). También se incorporaron especialistas universitarios en Comunicación, Ciencias de la Salud y Sociología; el presidente del sindicato de los trabajadores del acero, en el que se incluían los trabajadores vinculados al campo de la energía (United Steel Workers); y el presidente de la National Audubon Society, organización estadounidense dedicada a la conservación de la naturaleza. Por último, no podían faltar un gran bufete de abogados expertos

²⁴ President’s Commission on the accident at Three Mile Island (1977), *Report of the President’s Commission on the accident at the Three Mile Island. The Need for Change. The Legacy of TMI*, Washington.

en litigios tecnológicos (Verner, Liipfert, Bernhard & McPherson), un especialista en ingeniería nuclear, otro en ingeniería mecánica aeroespacial, y una ciudadana vecina de Middletown, un barrio a tan solo tres millas y media de la central.

Sorprende la poca distancia existente entre la planta y la población en la que residía la ciudadana que fue invitada a participar en la Comisión. Los criterios fijados en 1959 por la AEC estadounidense sugerían que todos los reactores estuvieran a varias millas de distancia del pueblo o ciudad más cercanos y, en el caso de los reactores grandes, a una distancia de 10 a 20 millas de las ciudades con un alto número de habitantes²⁵. La estrecha conexión establecida entre las localizaciones y la seguridad de los reactores provocó que, desde finales de los años cincuenta, las búsquedas de emplazamientos comenzaran a ser objeto de análisis detallados y pautas específicas.

El OIEA había convocado un primer simposio en 1963 en Bombay para tratar de acordar pautas y transmitir a la opinión pública que los sitios habían sido elegidos después de exhaustivas evaluaciones científicas²⁶. En 1967, cuatro años después del encuentro de Bombay, el OIEA organizó un segundo simposio, esta vez en Viena²⁷. Para entonces, las centrales nucleares habían irrumpido con fuerza y sus complejos procesos de construcción acaparaban toda la atención. En este segundo encuentro, se planteó que, si se quería evitar que los escapes de productos radiactivos de las centrales nucleares tuvieran consecuencias sobre la salud y la seguridad públicas, había que trabajar y evaluar de manera conjunta el emplazamiento y las características de seguridad intrínsecas al tipo de reactor. Así, un emplazamiento debía estar siempre justificado tras un estudio crítico de los accidentes posibles y un análisis de la capacidad de confinamiento que el propio diseño de la central nuclear aportaba.

En Three Mile Island no se produjeron emisiones significativas de radiación fuera de la estructura de contención de la central. No obstante, la Comisión norteamericana concluyó que mientras que el principal factor que convirtió este incidente en un accidente grave fue la acción inapropiada de una o varias personas, otros factores, como las deficiencias en la formación, la falta de claridad de los protocolos de actuación, la incapacidad para aprender de incidentes anteriores²⁸ y las deficiencias en el diseño de la señalización y las indicaciones existentes en los paneles de la sala de control, contribuyeron a que se produjera el accidente. Unas deficiencias en las que también compartían responsabilidades la empresa propietaria de la central, los proveedores de los equipos y el organismo regulador (la NRC).

²⁵ Mazuzan & Walker (1985), p. 244.

²⁶ International Atomic Energy Agency (1963), *Siting of Reactors and Nuclear Research Centres. Proceedings of a Symposium, Bombay, 11–15 March 1963*, Viena, IAEA.

²⁷ IAEA (1967), *Containment and Siting of Nuclear Power Plants, Proceedings of a Symposium, Vienna, 3-7 April 1967*, Viena, IAEA.

²⁸ El informe recoge que un ingeniero de Babcock & Wilcox Company, suministrador principal de Three Mile Island, había llamado la atención sobre un caso anterior en el que había ocurrido algo muy similar a lo que después pasó en Three Mile Island: los operadores habían apagado por error el sistema de refrigeración de emergencia. El ingeniero indicó que, afortunadamente, las circunstancias en las que se produjo ese error no habían desencadenado un accidente grave. Pero advirtió también que, bajo otras circunstancias (como las que luego se dieron en Three Mile Island), podría llegar a producirse un accidente grave. Insistió por tanto en la necesidad de transmitir instrucciones claras a los operadores y contar lo ocurrido. Esto no se produjo, impidiendo que se aprendiera de un incidente que había sucedido solo trece meses antes del accidente de Three Mile Island. President's Commission on the accident at Three Mile Island (1977), *Report of the President's Commission on the accident at the Three Mile Island*, op cit.

Como ya he mencionado, el accidente de Three Mile Island también llevó al director general del OIEA, Sigvard Eklund, a convocar a un grupo de expertos en seguridad nuclear para estudiar las medidas a adoptar y hacerlas extensivas a todos los Estados miembros. Entre las recomendaciones de los expertos del OIEA destacaron las siguientes: la conveniencia de celebrar reuniones especializadas para analizar las lecciones que se podían y debían extraer del accidente; ampliar la investigación y el intercambio de información; organizar ayuda de emergencia; y prestar asistencia técnica en materia de seguridad nuclear. Los expertos del OIEA sugirieron también que a partir de entonces los Estados debían hacer públicos los resultados de sus investigaciones sobre seguridad nuclear, y negociar acuerdos bilaterales y multilaterales de asistencia mutua en caso de accidente. Además, el grupo de expertos consideró necesario exigir, a quien estuviera interesado en contratar una central nuclear, tanto el diseño de planes de emergencia como la disposición de los propietarios y gestores de las plantas a permitir comprobaciones e inspecciones de seguridad por parte del OIEA.

Una consecuencia inmediata que tuvo en el OIEA el accidente de Three Mile Island en materia de regulación de seguridad fue la inclusión en el programa NUSS de esas recomendaciones que había hecho el grupo de expertos, y que a partir de entonces se convirtieron en normas. Y otra fue convocar, en octubre de 1980, una reunión en Estocolmo centrada de nuevo en cuestiones de seguridad de las centrales nucleares²⁹.

Aunque los expertos del OIEA concluyeron que en el accidente no había habido factores relacionados con la seguridad que limitaran el uso y desarrollo de la energía nuclear, sí estuvieron de acuerdo en señalar como punto débil la interacción hombre-máquina. Para solventarlo, recomendaron, de acuerdo con el informe norteamericano, mejorar la formación de los técnicos y operadores de las centrales, así como los procedimientos de actuación en emergencias y los instrumentos de control, haciendo más fácil su uso y manejo.

Three Mile Island enfrentó por primera vez a las autoridades nucleares y al conjunto de la sociedad a la realidad de un accidente nuclear. Como expresa Fischer, los accidentes pasaron de ser una contingencia remota solo objeto de estudios teóricos a convertirse en una posibilidad real³⁰.

El OIEA llevaba tiempo tratando de establecer un sistema mundial de información sobre los accidentes e incidentes ocurridos en centrales nucleares. Defendían que si se conocían y analizaban las causas de los fallos no solo podrían corregirse, sino además servir de base a las recomendaciones para futuros accidentes. Pero tanto los fabricantes como las empresas propietarias de las centrales se habían opuesto a hacer pública una información que consideraban confidencial y reservada.

En 1978 la Nuclear Energy Agency (NEA) de la OCDE dio los primeros pasos para crear su propio Sistema de Notificación de Incidentes (*Incident Reporting System-IRS*). En marzo de 1979 el accidente de Three Mile Island

²⁹ Conferencia internacional sobre cuestiones de actualidad relacionadas con la seguridad de las centrales nucleares, organizada por el OIEA y celebrada en Estocolmo (Suecia) del 20 al 24 de octubre de 1980.

³⁰ Fischer (1997), p. 191. El accidente de Three Mile Island y el consiguiente informe Kemeny inspiraron iniciativas tan destacadas como la creación del Institute of Nuclear Power Operations (INPO) por parte de las empresas norteamericanas (Walker y Wellock, 2010). La consecuencia inmediata que tuvo el accidente en España fue la puesta en marcha de un curso sobre termohidráulica para operadores de centrales nucleares, que fue impartido por Tecnatom. Posteriormente, también se procedió a revisar las pautas y los procedimientos de operación de emergencia, cambiándose la filosofía de actuar por "síntomas", que suponía aplicar reacciones inmediatas al sobrepasar determinados valores críticos de presión y temperatura sin indagar en las causas, a actuar por "diagnóstico" previo, que implicaba estudiar las causas que pudieran estar en el origen del fallo o accidente. Para más información, ver en este libro el capítulo 3.1 de Santiago M. López.

le dio un nuevo impulso y en enero de 1980 se puso por fin en marcha. A finales de 1981 los países miembros de la NEA aprobaron su funcionamiento y en 1983 el OIEA ofreció el IRS a todos los Estados miembros que estuvieron interesados.

Este sistema nació con el objetivo de señalar los incidentes importantes que afectasen a la seguridad, para que los operadores, reguladores, constructores y diseñadores de las instalaciones pudieran analizar las causas de los problemas, realizar mejoras y evitar la repetición de incidentes similares. Aunque, inicialmente, el sistema se pensó como medio para clasificar sucesos ocurridos en centrales nucleares, más tarde se amplió y adaptó para que pudiera aplicarse a todas las instalaciones asociadas a la industria nuclear civil. Posteriormente, se ha seguido ampliando y adaptando para atender la necesidad cada vez mayor de comunicar la trascendencia de todos los sucesos asociados con el uso, el almacenamiento y el transporte de material radiactivo y de fuentes de radiación. En la actualidad, cuenta con 37 países participantes y está gestionado por el OIEA³¹.

En 1982 el OIEA publicó su primer Informe anual sobre seguridad nuclear³², que abarcaba el período 1980-1981 y recogía las tendencias mundiales en materia de seguridad nuclear. Fue un resumen de las mejoras que había puesto en evidencia el accidente de Three Mile Island. En particular, expresaba la necesidad de que los reactores fueran más fáciles de operar y contaran con mejor instrumentación en las salas de control, e insistía en reforzar la formación de los operadores y en dedicar una mayor atención a la planificación de las emergencias.

Chernóbil

El accidente se produjo el 26 de abril de 1986 en la central nuclear Vladimir Ilich Lenin, conocida como Chernóbil, situada en el norte de Ucrania (entonces perteneciente a la Unión Soviética) en un centro industrial junto a instalaciones de otro uso. Ocurrió en el reactor número 4, de tipo RBMK (*Reáktor Bolshói Móschnosti Kandíny*, es decir “reactor de condensador de alta potencia”, un diseño sin recinto de contención) durante la realización de una prueba que buscaba incrementar la seguridad.

Los operarios simularon un corte de energía eléctrica con el objeto de probar un procedimiento de seguridad que mantuviera la circulación del agua de refrigeración del reactor hasta que los generadores eléctricos de emergencia se conectaran y pudieran proporcionar energía. Esta prueba se realizaba en una instalación eléctrica en operación comercial, no en un laboratorio, y se llegaron a desmontar hasta seis sistemas de seguridad porque el experimento se resistía. Cabe resaltar que la Unión Soviética carecía de un sistema independiente de inspección y evaluación de la seguridad de las instalaciones nucleares, es decir, un organismo regulador similar al de los países occidentales encargado de autorizar y supervisar este tipo de ensayos³³.

No era la primera vez que se realizaba esta prueba en Chernóbil. De hecho, había habido tres ensayos previos desde 1982, pero ninguno de ellos había aportado soluciones claras. En este cuarto intento, un retraso de diez horas en el inicio de las pruebas llevó a que el grupo al que correspondió estar a cargo de la operación no

³¹ Además del IRS, el OIEA cuenta desde 1992 con un Sistema de Notificación y Análisis de Incidentes relacionados con el Combustible (FINAS) y desde 1997 con otro de Notificación de Incidentes para reactores de Investigación (IRSRR), <https://www.iaea.org/es/recursos/bases-de-datos/sistemas-de-notificacion-de-incidentes-para-instalaciones-nucleares>

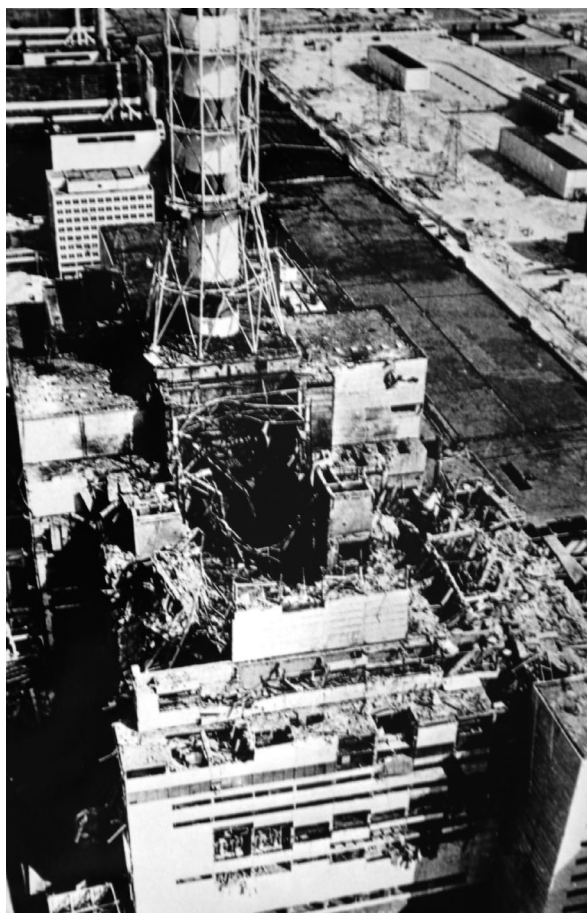
³² IAEA (1983), *The Annual Report for 1982*, GC(XXVII)/684, Viena, IAEA, p. 9, https://www.iaea.org/sites/default/files/gc/gc27-684_en.pdf

³³ Foro Nuclear, “Chernóbil, ¿cómo fue el accidente?”, disponible en: <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-proteccion-radiologica-y-radiacion/chernobil-como-fue-el-accidente/>

fuera el más preparado; o por lo menos así quedó expresado en el informe que redactó el Grupo Internacional de Seguridad (International Nuclear Safety Advisory Group-INSAG) que el OIEA había creado en 1985³⁴. Además, parece ser que desde el día anterior se habían venido produciendo una serie de desequilibrios en el reactor que en cualquier caso hubieran aconsejado reducir la potencia, algo que tampoco se hizo. Estos desequilibrios fueron los causantes del sobrecalentamiento descontrolado del núcleo del reactor. Seguidamente, dos explosiones sucesivas provocaron el incendio y el consiguiente escape de gases con altos niveles de radiactividad. La nube radiactiva llegó, como es de sobra conocido, tanto a Europa (se detectó dos días después en la central nuclear sueca de Forsmark, que dio la alarma ante el silencio soviético) como a América del Norte.

Las primeras reacciones del OIEA tras el accidente las acordó su Junta de Gobernadores entre mayo y junio de 1986. A propuesta de la Secretaría General, decidieron convocar una reunión de expertos de la Unión Soviética y del resto de la comunidad nuclear internacional para analizar el accidente, tratar de conocer sus causas y consensuar las medidas que debían adoptarse. En segundo lugar, acordaron redactar un convenio internacional que obligara a notificar rápidamente los accidentes nucleares. La Junta también consideró necesario convocar una reunión especial de la Conferencia General para estudiar cómo reforzar la cooperación internacional en materia de seguridad nuclear y protección radiológica. Por último, se decidió también reunir cuanto antes a los expertos de los Estados miembros para revisar los programas de seguridad del Organismo.

La reunión de expertos nucleares de la Unión Soviética y del resto de la comunidad nuclear internacional tuvo lugar en Viena del 25 al 29 de agosto de 1986. En esa reunión, los soviéticos presentaron al INSAG y a otros expertos internacionales su versión de lo ocurrido. La delegación española enviada por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), liderada por Luis E. Echávarri, informó del accidente al Gobierno y al Parlamento españoles a partir de la información obtenida en Viena.



Reactor 4 de Chernóbil un día después de la explosión.
Fuente: OIEA.

³⁴ El INSAG fue creado en 1985, a iniciativa del director general del OIEA, con la idea de formar un think tank sobre seguridad nuclear con expertos procedentes de la industria, la investigación y los organismos reguladores. Sus tareas consistían en asesorar al director general sobre los principios en los que basar las normas y las medidas de seguridad, y crear un foro para el intercambio de información sobre estas cuestiones. Fischer (1997), p. 205, <https://www.iaea.org/topics/nuclear-safety-and-security/committees/insag>. Agustín Alonso Santos fue vicepresidente del INSAG entre 1999 y 2002. Otros españoles formaron también parte del Grupo (v.g. Luis Echávarri de 2003 a 2014).

Las primeras conclusiones que salieron de aquella reunión fueron publicadas por el INSAG en septiembre de ese mismo año y revisadas después en 1992³⁵. Se construyó así un relato consensuado sobre lo ocurrido, en el que también se formularon recomendaciones y se acordaron medidas para que un accidente de ese tipo no se volviera a producir. Aunque tras el accidente se tendió a culpar a los técnicos por llevar a cabo un experimento peligroso que descuidó la seguridad, análisis posteriores atribuyeron la catástrofe también a fallos en el diseño de la central. En consecuencia, las autoridades soviéticas iniciaron una importante revisión de todas las centrales de diseño RBMK.

Fue en estos informes donde por vez primera apareció el concepto de *cultura de la seguridad*. Los especialistas nucleares occidentales señalaron que aun conociendo los soviéticos los problemas de diseño que los reactores RBMK tenían —se habían producido dos accidentes en Leningrado en 1975 y otro en la misma Chernóbil en 1982— no habían hecho nada para corregirlos ni tampoco para aprender de ellos. Los especialistas occidentales concluyeron que la causa raíz del accidente fue la ausencia en la Unión Soviética de cultura de la seguridad.

Este concepto, que fue ampliado posteriormente en el documento *Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants*, publicado en marzo de 1988 en su versión inglesa y en 1989 en la española (*Principios básicos de seguridad para centrales nucleares*³⁶), no ha dejado hasta hoy de repensarse y utilizarse en la literatura relacionada con la seguridad nuclear.

La primera definición que dio el INSAG decía: “cultura de la seguridad es el conjunto de características y actitudes de las organizaciones y personas que establece como prioridad absoluta que las cuestiones de seguridad de las centrales nucleares reciban la atención que merecen por su importancia”. Una definición amplia que desde entonces ha experimentado modificaciones y adendas.

En la actualidad, la más utilizada es la definición de la NRC de Estados Unidos: “La cultura de seguridad nuclear son los valores y comportamientos resultantes de un compromiso colectivo por parte de líderes y personas para poner el énfasis en la seguridad entre objetivos que compiten entre sí para garantizar la protección de las personas y el medio ambiente”³⁷. Finalmente, es un concepto que ha cuajado y hoy día articula todas las normativas relacionadas con la seguridad.

Una validada cultura de la seguridad debe ser capaz por ello de identificar y resolver problemas, tener capacidad de liderazgo, generar responsabilidades personales, proteger los procesos de trabajo, favorecer el aprendizaje continuo en materia de seguridad y potenciar la comunicación abriendo espacios de discusión y espacios para plantear disensos e inquietudes. Hay cultura de seguridad cuando hay calidad, análisis crítico de la experiencia operativa y también control del riesgo.

El objetivo de esos primeros informes que redactó y difundió el OIEA tras Chernóbil era promover la mejora de las prácticas en general, ampliando los conocimientos de los fundamentos básicos sobre los que consideraban se debían asentar las medidas de seguridad y, así, lograr una mejor calidad en esa materia. Pero, como mencionaba antes, no todos los Estados miembros fueron igual de receptivos con las normas y recomendaciones, por lo que el OIEA necesitó trabajar internamente los equilibrios y tratar de que sus decisiones tuvieran el mayor consenso posible.

³⁵ IAEA (1986), *Summary Report on the Post-Accident Review Meeting on the Chernobyl Accident*, Safety Series 75-INSAG-1, Viena, IAEA; IAEA (1992), *The Chernobyl Accident: Updating of INSAG-1*, Safety Series 75-INSAG-7, Viena, IAEA.

³⁶ IAEA (1988), *Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants*, Safety Series 75-INSAG-3, IAEA, Viena.

³⁷ Más información en <https://www.nrc.gov/about-nrc/safety-culture.html>

El primer informe que redactó el INSAG en 1986 fue presentado y debatido por primera vez en el *Simposio Internacional sobre accidentes graves* celebrado en Sorrento, Italia, en marzo de 1988. Allí los participantes reclamaron al OIEA que se diera la máxima difusión al documento para promover su estudio y análisis. Se abrió así un canal de comunicación entre la División de Seguridad Nuclear del OIEA y quienes quisieran hacer propuestas y observaciones al informe. Un canal de comunicación que fue también utilizado para expresar desacuerdos, reticencias y dudas respecto a la utilidad que podían tener estas medidas para países que ya contaban con un programa nuclear en marcha. Mientras parecía haber acuerdo en el control de las instalaciones nucleares de terceros países, las grandes potencias nucleares se resistían a aceptar unas normas pensadas para controlar las prácticas en materia de seguridad. Unas resistencias que sorprenden cuando ambos accidentes, el de Three Mile Island y el de Chernóbil, ocurrieron en dos Estados nucleares que hicieron todo lo posible por promover el uso tanto civil como militar de la energía nuclear.

Este foro sirvió también para señalar la ausencia de algunos temas que, aunque habían sido debatidos por el INSAG durante la preparación del informe que siguió al accidente de Chernóbil, no habían alcanzado el suficiente consenso para ser incluidos en la redacción final. El transporte de materiales nucleares, la evacuación de desechos, la clausura de centrales y los criterios para imponer restricciones al consumo (por ejemplo, de alimentos) tras una liberación importante de radiactividad eran cuestiones que, en opinión de muchos de los expertos presentes en aquel foro, deberían haber sido incorporadas. La razón que dio el OIEA para justificar tales ausencias fue que el objetivo de este primer informe era garantizar la explotación de las centrales nucleares en condiciones de seguridad, y que el resto de temas excedían este cometido.

A título ilustrativo, si bien es cierto que la Junta de Gobernadores del OIEA había aprobado en 1960 un proyecto de Reglamento para el transporte sin riesgos de materiales radiactivos como parte de las normas de seguridad del organismo, y que en 1961 había publicado un *Manual explicativo para la aplicación del reglamento del OIEA para el transporte seguro de materiales radiactivos* en su Colección de Guías de Seguridad³⁸, también lo es que este reglamento era solo preceptivo para las actividades que realizara el OIEA en los Estados miembros³⁹. Esto no solo explica las quejas expresadas por muchos expertos en el simposio, sino que también refleja esa necesaria adecuación y revisión a la que debía someterse la normativa en aras de una buena cultura de la seguridad.



Agustín Alonso Santos, catedrático emérito de la Universidad Politécnica de Madrid, director del Departamento de seguridad nuclear de la JEN, consejero del CSN y presidente de la SNE, fue vicepresidente del INSAG entre 1999 y 2002. Fuente: RTVE-Canal 24 horas.

³⁸ IAEA (1961), *Manual explicativo para la aplicación del reglamento del OIEA para el transporte seguro de materiales radiactivos*. Guía de Seguridad No. TS-G-1.1 (ST-2), Viena, IAEA. Esta guía fue sustituida en 2012 por la Guía de Seguridad Específica N° SSG-26.

³⁹ Swindel (1978).

Lo que sí se acordó en Sorrento en 1988 fue someter el texto a futuras revisiones y tratar de reunir en un solo documento los *Principios básicos de seguridad* y las NUSC con objeto de no confundir y no dejar espacios que pudieran convertirse en puntos ciegos.

Volviendo a las repercusiones inmediatas que tuvo Chernóbil, el 27 de octubre de 1986 entró en vigor la Convención sobre la pronta notificación de accidentes nucleares (*Convention on Early Notification of a Nuclear Accident*), y en febrero de 1987 lo hizo la Convención sobre asistencia en caso de accidente nuclear o emergencia radiológica (*Convention on Assistance in the Case of a Nuclear Accident or Radiological Emergency*). Chernóbil demostró que la seguridad nuclear era asunto de todos. Por ello, los responsables de los reactores nucleares comerciales del mundo se unieron en 1989 para crear la World Association of Nuclear Operators (WANO), una asociación que ampliaba la INPO con la incorporación destacada de la Unión Soviética y la aplicación de la escala INES, destinada a informar al público sobre los incidentes y accidentes nucleares⁴⁰.

Desde finales de los años ochenta hubo acuerdo en que, para promover y reforzar la cultura de la seguridad, las personas y organizaciones debían cuestionar y reexaminar continuamente los supuestos existentes sobre seguridad nuclear, así como las consecuencias que las distintas decisiones que se tomaran, ya fuera de forma individual, ya colectiva, pudieran repercutir en ella. Por ende, desde un enfoque sistémico de la seguridad y para trabajar por una buena cultura de la seguridad, debían tenerse en cuenta las interacciones de los factores humanos con los organizativos y los técnicos.

Es en este contexto donde hay que situar los dos grandes proyectos internacionales de investigación que puso en marcha el OIEA, junto a otros organismos internacionales, tras el accidente de Chernóbil: el *International Chernobyl Project* (1990-1991) y la Conferencia internacional *One Decade After Chernobyl* (1996)⁴¹.

En el primer caso, el OIEA reunió a un equipo multinacional de expertos procedentes de las tres Repúblicas Soviéticas afectadas y de la Comisión Europea. Con ellos trabajaron representantes de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Organización Internacional del Trabajo (OIT), el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM), que formaron un Comité Consultivo Internacional presidido por Itsuzo Shigematsu, director de la Fundación que investigaba los efectos de la radiación en Hiroshima.

Con el ánimo de continuar exhibiendo esa voluntad de mejora y de mostrar la necesidad de revisar de manera constante las prácticas de seguridad, el OIEA, la Comisión Europea y la OMS convocaron una segunda reunión para *revisitar* Chernóbil. *One Decade After Chernobyl* reunió en Viena, del 8 al 12 de abril de 1996, a todas las organizaciones dispuestas a cooperar y trabajar por la seguridad nuclear.

Ambos proyectos tuvieron resultados muy parecidos. Los datos y cifras incluidos en el informe de 1996 (aumento significativo de cáncer de tiroides no solo en personas adultas, también en niños, y el previsible crecimiento de casos en los siguientes años; trastornos relacionados con la ansiedad, la depresión y otros problemas psicosomáticos, por poner algunos ejemplos) sugieren que, diez años y muchas investigaciones después,

⁴⁰ Ver nota 45. Consultar

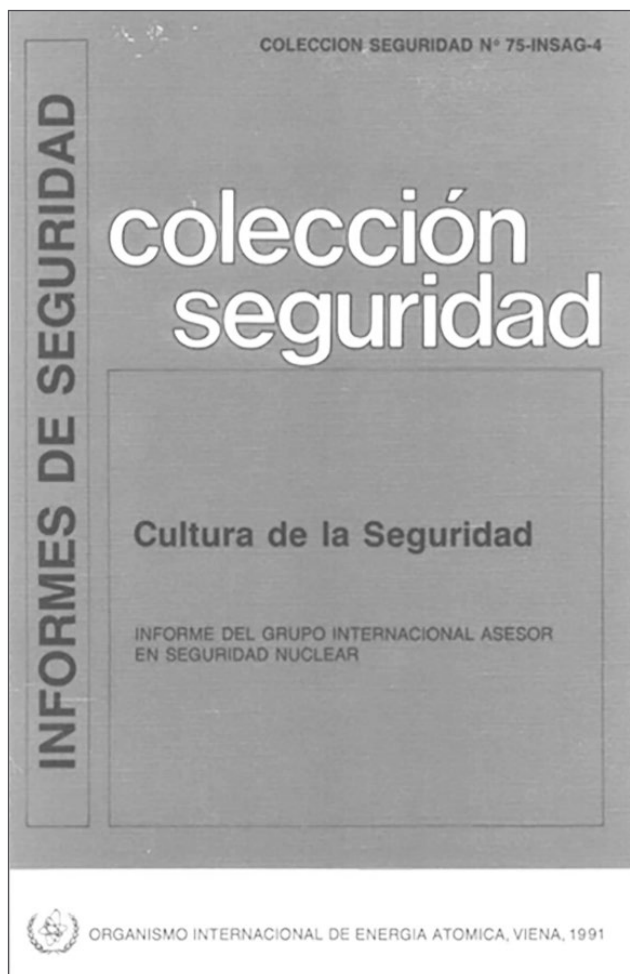
<https://www.csn.es/documents/10182/914801/FDE-02.06+Escala+Internacional+de+Sucesos+Nucleares+y+Radiactivos>

⁴¹ IAEA (1991), *The International Chernobyl Project: An Overview*, Report by an International Advisory Committee, Viena, IAEA; IAEA (1996), *One Decade After Chernobyl: Summing up the Consequences of the Accident*. Proceedings EC/IAEA/WHO International Conference Vienna, 1996, Viena, IAEA.

era imposible obviarlos ni ocultarlos⁴². Estos datos se han relacionado con la actuación de las autoridades en los primeros momentos del accidente y en el proceso de evacuación, actuación que ha sido a menudo cuestionada.

Por último, otro cambio que introdujo el OIEA a finales de la década de los ochenta, que tiene que ver con el crecimiento sustancial de los trabajos relacionados con la seguridad desarrollados por este organismo y también con el afianzamiento y el incremento de la cultura de la seguridad, fue la reorganización de sus publicaciones. En 1986 el OIEA decidió dar por terminado el programa NUSS que había iniciado en 1974. Esta decisión supuso un cambio significativo: el OIEA dejó de redactar guías de seguridad para las instalaciones nucleares y pasó a ayudar a los Estados a ponerlas en práctica⁴³. A partir de entonces, las publicaciones del OIEA se organizaron en cuatro grandes grupos: los *Safety Fundamentals*, que incluía los textos básicos; las *Safety Standards*, donde se agruparon los requisitos básicos que debía seguir el OIEA cuando prestara asistencia a terceros; las *Safety Guides*, que contemplaban las medidas y recomendaciones para garantizar el cumplimiento de las normas de seguridad; y las *Safety Practices*, centradas en métodos y ejemplos prácticos.

En junio de 1994 el OIEA aprobó en Viena el primer tratado internacional jurídicamente vinculante que se ocupaba de la seguridad de las instalaciones nucleares: la Convención sobre Seguridad Nuclear. Tenía los siguientes objetivos: lograr y mantener un elevado nivel de seguridad nuclear en todo el mundo; establecer y mantener defensas eficaces contra los posibles peligros radiológicos para proteger a las personas, a la sociedad y al medio ambiente; y prevenir los accidentes con consecuencias radiológicas, además de mitigar tales consecuencias en caso de que se produjeran. Esta Convención entró en vigor el 24 de octubre de 1996⁴⁴.



Colección seguridad, 75-INSAG-4. Fuente: OIEA.

⁴² *Ibidem*.

⁴³ Fischer (1997), p. 210-211.

⁴⁴ IAEA (1994), *Convención sobre Seguridad Nuclear*, INFCIRC/449, Viena, IAEA. El texto aprobado se puede ver en https://www.iaea.org/sites/default/files/infcirc449_sp.pdf

Fukushima

El accidente de Fukushima ocurrió el 11 de marzo de 2011 y fue clasificado en el nivel 7 de la escala INES de notificación de sucesos nucleares (niveles 1 a 7)⁴⁵. Lo provocó un terremoto de grado 9 (escala Richter de 1 a 10), seguido de un tsunami con olas de hasta 14 metros de altura. Al detectar el terremoto, los reactores que estaban activos cesaron automáticamente sus reacciones de fisión, dado que se puso en marcha el mecanismo de apagado de emergencia (SCRAM⁴⁶) y se activaron los sistemas de evacuación del calor residual del reactor. Ahora bien, el terremoto provocó, 46 minutos después, un tsunami que trajo consigo una enorme devastación con un gran número de víctimas, destruyendo las líneas de distribución eléctrica, comunicaciones de todo tipo e infraestructura civil y urbana en una amplísima superficie. De acuerdo con el diseño, los sistemas de



Juan Carlos Lentijo en Fukushima el 4 de diciembre de 2013. Fuente: OIEA. Desde 2012 fue director de la División del Ciclo de Combustible Nuclear y de Tecnología de Residuos, y de 2015 a 2021 director general adjunto del OIEA y responsable del Departamento de Seguridad Nuclear. En la actualidad es presidente del CSN y del Grupo Europeo de Reguladores de Seguridad Nuclear (ENSREG).

⁴⁵ La Escala INES (*International Nuclear Event Scale*), creada en 1990 por el OIEA, la AEN y la OCDE, es un instrumento que se utiliza en todo el mundo para informar de forma sistemática sobre sucesos nucleares y radiológicos desde el punto de vista de la seguridad. Hoy ha cambiado su denominación por la de International Event and Radiological Event Scale. Mas información en:

<https://www.csn.es/documents/10182/914801/FDE-02.06+Escala+Internacional+de+Sucesos+Nucleares+y+Radiactivos>

⁴⁶ Estos reactores de agua ligera (PWR y BWR), así como los Candús de agua pesada, cuentan con un sistema electrónico que vigila ciertos parámetros del reactor. Cuando algunos de ellos alcanzan valores límites ordena al SCRAM (Safety Control Rod Axe Man) que libere las barras de control, permitiendo que se inserten en el núcleo del reactor impulsadas por su propio peso y por la fuerza del resorte. Como las barras de control se encuentran construidas generalmente por materiales que absorben gran cantidad de neutrones, su sola inserción detiene la reacción nuclear de forma muy rápida.



Juan Carlos Lentijo, jefe de la misión del OIEA en Fukushima, ante los tanques con agua contaminada y las unidades 3 y 4 de la central. Fukushima, 11 de febrero de 2015. Fuente: OIEA.

la central pasaron a ser alimentados automáticamente por un grupo de generadores diésel de emergencia. Pero la ola del tsunami superó la altura del muro de contención existente, de 5,7 metros, inundó la instalación eléctrica de emergencia dejándola fuera de uso y produjo la pérdida de los sistemas de evacuación de calor del reactor nuclear y de las piscinas de combustible gastado.

El accidente afectó los núcleos de tres reactores de la planta. La radiación emitida a la atmósfera en los días posteriores al accidente obligó al Gobierno a declarar una zona de evacuación de un radio de 20 kilómetros. Además, grandes cantidades de agua contaminada fueron vertidas al Pacífico durante y después del desastre.

En los primeros días tras el accidente se hizo evidente que el combustible gastado almacenado en las piscinas de la central corría riesgo de sufrir daños. Por ello, el OIEA estableció grupos para evaluar y clasificar según su urgencia las cuestiones de seguridad nuclear y radiológica. Una de las primeras actuaciones fue ofrecer los laboratorios del OIEA para examinar los datos ambientales derivados de la monitorización de los medios terrestre y marino que habían sido proporcionados por las autoridades japonesas. Estos datos fueron contrastados y validados por grupos de monitorización radiológica enviados por el OIEA a petición de Japón. Los análisis se hicieron en los laboratorios que tiene el OIEA en Mónaco y Seibersdorf (Austria) especializados en el examen de este tipo de muestras.

Desde finales de marzo comenzaron a llegar a la zona distintos grupos de expertos. Primero lo hizo un grupo mixto de la FAO y el OIEA para evaluar la inocuidad de los alimentos; después, en abril, llegó otro equipo de especialistas del OIEA en reactores de agua en ebullición.

En esta ocasión, el OIEA se ocupó de cuidar la comunicación y la información públicas: abrió un espacio web donde se fueron incorporando los datos que iban resultando de la monitorización radiológica de los radionucleidos y de los alimentos, así como de las restricciones para la distribución y consumo de éstos y del agua potable.

En junio de 2011 el OIEA celebró una Conferencia Ministerial sobre seguridad nuclear en Viena⁴⁷. En ella llegaron a las conclusiones siguientes: había que reforzar las normas de seguridad del OIEA; examinar sistemáticamente la seguridad de todas las centrales nucleares, principalmente ampliando el programa de análisis por expertos del OIEA; mejorar la eficacia de los órganos reguladores nucleares nacionales y garantizar su independencia; fortalecer el sistema mundial de preparación y respuesta a situaciones de emergencia; y ampliar las funciones del OIEA para recibir y difundir información. En esta Conferencia se pidió además al director general que pusiera en marcha un proyecto de plan de acción del OIEA sobre seguridad nuclear consensuado con los Estados miembros. En este sentido, el OIEA convocó una reunión extraordinaria para revisar la Convención de Seguridad Nuclear, dar cuenta de las reevaluaciones de seguridad realizadas en cada uno de los Estados miembros, e informar sobre las medidas tomadas tras el accidente de Fukushima. Además, los propios organismos reguladores (el European Nuclear Safety Regulators Group, el Forum of the State Nuclear Safety Authorities of the Countries Operating WWER-type Reactors, y el Ibero-American Forum of Radiological and Nuclear Regulatory Agencies) organizaron reuniones por zonas geográficas y tipos de reactores para conocer el alcance de esas reevaluaciones⁴⁸.

Este Plan de Acción ha conseguido progresos en campos como la evaluación de las vulnerabilidades de las centrales nucleares en materia de seguridad⁴⁹; el fortalecimiento de los servicios de vigilancia por parte de los expertos del OIEA; el examen y, en los casos necesarios, la revisión de las normas de seguridad pertinentes del OIEA; la mejora de la capacidad de preparación y respuesta en situaciones de emergencia; y la mejora de la comunicación y el intercambio de información con los Estados miembros, las organizaciones internacionales y el público⁵⁰.

⁴⁷ IAEA (2011), *Declaración de la Conferencia Ministerial del OIEA sobre Seguridad Nuclear, Viena, 20 de junio de 2011*, INFCIRC/821, Viena, IAEA

⁴⁸ Ver IAEA (2013), *Report on Strengthening Nuclear Regulatory Effectiveness in The Light of The Accident at The Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant*, Viena, IAEA. El informe que presentó España a la segunda reunión extraordinaria de la Convención sobre Seguridad Nuclear tras el accidente de Fukushima, celebrada en Viena en agosto de 2012, se puede consultar en <https://www.csn.es/documents/10182/103567/Informe+nacional+para+la+segunda+reuni%C3%B3n+extraordinaria+de+la+Convenci%C3%B3n+sobre+Seguridad+Nuclear++Viena%2C+Agosto+de+2012/a8d0e-c5e-eb34-43fa-8a6f-0ebbcf225915>

⁴⁹ En España, el accidente de Fukushima provocó, además de una evaluación de la vulnerabilidad de nuestras centrales a posibles inundaciones, la creación de un almacén de equipos de emergencia disponibles para un rápido traslado a cualquier central nuclear en caso de accidente. Este almacén, que fue costeadado por todas las centrales, está gestionado por Tecnatom.

⁵⁰ Los informes presentados a la Junta de Gobernadores y a la Conferencia del OIEA son: IAEA (2012), *Progresos realizados en la aplicación del Plan de Acción del OIEA sobre Seguridad Nuclear*, GOV/INF/2012/11-GC(56)/INF/5, Viena, IAEA; IAEA (2013), *Progresos realizados en la aplicación del Plan de Acción del OIEA sobre Seguridad Nuclear*, GOV/INF/2013/8-GC(57)/INF/5, Viena IAEA; y IAEA (2014), *Progresos realizados en la aplicación del Plan de Acción del OIEA sobre Seguridad Nuclear*, GOV/INF/2014/15-GC(58)/INF/7, Viena, IAEA.

Finalmente, en la Conferencia Diplomática que fue convocada por el OIEA en febrero de 2015 se aprobó por unanimidad la Declaración de Viena sobre Seguridad Nuclear⁵¹. Buscaba de nuevo prevenir los accidentes con consecuencias radiológicas y mitigar tales consecuencias, poniendo el acento en el diseño, la selección de los emplazamientos y la construcción de las centrales nucleares, así como en las evaluaciones de la seguridad exhaustivas y sistemáticas y en la atención a las buenas prácticas incluidas en las Convenciones sobre seguridad nuclear.

1.1.3. España y el OIEA

Como ya he mencionado al comienzo, España ingresó en el OIEA en 1957. Su entrada hay que explicarla en el marco de las políticas que hicieron del desarrollo nuclear en España una cuestión de Estado. La asistencia de una destacada delegación española a la Primera Conferencia de Ginebra de 1955 y la firma del acuerdo de colaboración en materia nuclear con Estados Unidos ese mismo año son algunos de los indicadores de la apuesta que hizo el Gobierno franquista a mediados de los cincuenta por el desarrollo de esta nueva forma de energía (Romero de Pablos, 2018a, 2018b). Los réditos de esta apuesta no tardaron en llegar: aceleró la conexión política, económica, industrial y científica del país con el resto de Occidente, y permitió compartir espacios de decisión e incorporar las últimas tecnologías atómicas⁵².

Tras la Conferencia de Ginebra, el siguiente foro de discusión internacional sobre temas nucleares lo encontraron los expertos españoles en la Sociedad Europea de la Energía Atómica (SEEA), donde la Junta de Energía Nuclear (JEN) —el organismo que creó el Estado para controlar y potenciar el desarrollo nuclear en España— entró a formar parte en 1956. En marzo de 1959 España se incorporó a la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE (NEA) y en enero de 1961 entró en el Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (CERN). Pronto los científicos españoles accedieron a los órganos directivos del OIEA. Armando Durán Miranda formó parte de la Junta de Gobernadores durante el bienio 1959-1960 y José María Otero Navascués, uno de los principales artífices del desarrollo nuclear español, le sucedió durante el bienio 1969-1970. En 1971 Otero Navascués fue elegido por unanimidad presidente de la Conferencia General⁵³, cargo en el que permaneció hasta 1974. Pero no fueron los únicos expertos españoles que tuvieron en aquellos años puestos de responsabilidad en este organismo: el físico Carlos Sánchez del Río y el químico Emilio López Menchero ocuparon, respectivamente, las jefaturas de las divisiones de Reactores y Desarrollo de Salvaguardias⁵⁴.

El Estado español no tuvo una representación permanente en el OIEA, como tampoco en el resto de los organismos internacionales con sede en Viena, hasta 1980. Hasta entonces, la interlocución con el OIEA estuvo en manos de los expertos de la JEN y de la representación diplomática que el Ministerio español de Asuntos Exteriores destinaba a la Embajada de España en Viena⁵⁵. En marzo de 1983 se elevó el rango del jefe de la misión a

⁵¹ Ver Informe resumido y Declaración de Viena sobre Seguridad Nuclear en https://www.iaea.org/sites/default/files/cns_summary090215.pdf (CNS/DC/2015/3/Rev.2, 2015).

⁵² Romero de Pablos (2019a, 2019b).

⁵³ *Energía Nuclear*, Año XV, 1971, p. 451.

⁵⁴ Para ampliar estas cuestiones, véanse Caro (1995) y Romero de Pablos y Sánchez Ron (2001).

⁵⁵ Esta interlocución se mantuvo hasta abril de 1980, fecha en que se creó el CSN. A partir de entonces, este organismo pasó a ser el interlocutor del OIEA en España en temas de seguridad nuclear. En 1986 la JEN fue convertida en Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) por la Ley de la Ciencia. Ley de creación del CSN en <https://www.boe.es/eli/es/l/1980/04/22/15/con>. Para la Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica, ver <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1986-9479>

Embajador representante permanente de España ante los organismos internacionales con sede en Viena. Desde entonces, han ocupado ese puesto diez diplomáticos y dos diplomáticas⁵⁶.

Entre las funciones que tiene esta Representación Permanente destacan las siguientes: 1) seguir los desafíos relacionados con el desarrollo y la proliferación nuclear y apoyar la labor de verificación e inspección que puso en marcha el OIEA a través de su sistema de salvaguardias; 2) participar en el marco de la Unión Europea en las discusiones de los órganos políticos del OIEA para favorecer una solución diplomática a estas cuestiones regionales; 3) apoyar las estrategias de la Unión Europea contra la proliferación de armas de destrucción masiva y por la utilización pacífica y segura de la energía nuclear (este ámbito incluía la constitución de una Zona Libre de Armas Nucleares en Oriente Medio y la universalidad del Tratado de No Proliferación Nuclear); 4) colaborar con el CSN para facilitar la participación de expertos nacionales en las actividades y programas del OIEA encaminados a reforzar la seguridad nuclear y la protección radiológica; 5) promover la participación en las actividades y programas del OIEA dirigidos a desarrollar la seguridad física y la protección de los materiales e instalaciones nucleares ante amenazas externas; 6) colaborar con los Ministerios españoles competentes y con el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) para facilitar la participación de instituciones y expertos nacionales en actividades y programas sobre sanidad, energía, medio ambiente e investigación científica y técnica; 7) participar en los procesos de revisión de la Convención sobre Seguridad Nuclear, la Convención sobre Gestión Segura de los Residuos Radiactivos y Combustible Gastado, la Convención sobre Pronta Notificación de Accidentes Nucleares, la Convención sobre Asistencia Mutua en caso de Accidente Nuclear y la Convención para la Protección Física de los Material Nucleares; 8) velar por el cumplimiento del doble sistema de salvaguardias OIEA y Euratom; 9) facilitar la participación de expertos y organismos españoles en los programas de cooperación técnica del OIEA, asegurando el uso eficaz y racional de los recursos asignados; y 10) facilitar la participación de expertos nacionales en grupos de trabajo y revisión de estudios para la mejora permanente de los estándares internacionales de seguridad nuclear y protección radiológica⁵⁷.

Las distintas convenciones internacionales mencionadas fueron el resultado del ordenamiento de los acuerdos consensuados en el seno del OIEA relativos a la seguridad nuclear tecnológica y física y la protección radiológica. Aunque España tuvo y tiene una participación activa en prácticamente todas las convenciones⁵⁸, solo voy a referirme a dos de ellas: la Convención sobre Seguridad Nuclear y la Convención Conjunta sobre la Seguridad en la Gestión del Combustible Gastado y sobre la Seguridad de los Residuos Radiactivos.

La Convención sobre Seguridad Nuclear la firmó el Estado español el 15 de noviembre de 1994. Esta Convención, que fue aprobada el 17 de junio de ese año en una Conferencia Diplomática convocada por el OIEA, se creó para mantener un alto grado de seguridad nuclear en todo el mundo a través de la mejora de medidas nacionales y de cooperación internacional; también para defender las instalaciones nucleares frente a potenciales riesgos radiológicos, con el fin de proteger a las personas y al medio ambiente de los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes; y, por último, para prevenir los accidentes con consecuencias radiológicas, y mitigar estas conse-

⁵⁶ Relación de los embajadores y embajadoras representantes permanentes en:

<https://www.exteriores.gob.es/RepresentacionesPermanentes/OficinaONUViena/es/Representacion/Paginas/index.aspx>

⁵⁷ Para ampliar la información, puede consultarse

<https://www.exteriores.gob.es/RepresentacionesPermanentes/OficinaONUViena/es/Representacion/Paginas/index.aspx>

⁵⁸ La Convención sobre Protección Física de los Materiales Nucleares fue firmada por España el 7 de abril de 1986. La Convención sobre Pronta Notificación de Accidentes Nucleares y la Convención sobre Asistencia Mutua en caso de Accidente Nuclear o Emergencia Radiológica fueron firmadas el 26 de septiembre de 1986. Más información en <https://www.csn.es/otras-convenciones>

cuencias en caso de que un accidente se produzca. La firma de esta Convención compromete a los países que la conforman a informar y presentar a examen los distintos informes relacionados con el cumplimiento de las obligaciones allí pactadas. Por eso fue tan importante su actividad tras el accidente de Fukushima.

Cuatro años después, concretamente el 30 de junio de 1998, el Gobierno de España se adhirió a la Convención Conjunta sobre la Seguridad en la Gestión del Combustible Gastado y sobre la Seguridad de los Residuos Radiactivos. Esta Convención, que constituyó el primer instrumento jurídico que abordó a escala mundial el tema de la seguridad en la gestión del combustible gastado y los desechos radiactivos, trabaja para mantener un alto grado de seguridad en esta materia, para asegurar que, en todas las etapas del proceso, haya medidas eficaces que eviten los riesgos radiológicos potenciales y protejan a las personas y al medio ambiente, tanto en el presente como en el futuro; y para prevenir los posibles accidentes durante cualquier etapa de la gestión del combustible gastado y de los residuos radiactivos.

Junto a las Convenciones, el OIEA cuenta con otras herramientas para reforzar y vigilar la seguridad en las instalaciones nucleares. Una de ellas es el programa Operational Safety Review Team (OSART), o Grupo de Examen de la Seguridad Operacional, que comenzó a funcionar en 1982. Este programa ayuda a los Estados miembros a mejorar la seguridad de sus centrales nucleares durante su puesta en servicio y explotación, comparando las prácticas concretas de cada instalación analizada con las normas de seguridad del OIEA. Estos exámenes buscan el intercambio técnico de experiencias y prácticas a nivel operativo para fortalecer los programas y procedimientos de las centrales nucleares⁵⁹. Otro instrumento es el Integrated Regulatory Review Service (IRRS), o Sistema Integrado de Revisión Regulatoria, creado por el OIEA para reforzar y mejorar la efectividad del marco regulador de los Estados miembros en todas las actividades relacionadas con la seguridad nuclear (por ejemplo, el transporte y almacenamiento de los residuos radiactivos), integrando los aspectos comunes del marco nacional, jurídico y gubernamental de los Estados con las reglamentaciones de seguridad del OIEA⁶⁰. España ha recibido, a petición propia, misiones de ambos programas para revisar tanto sus instalaciones nucleares como la infraestructura legal y gubernamental del país en materia de seguridad nuclear y protección radiológica, en colaboración con el organismo regulador, el CSN⁶¹.



Isabel Mellado Jiménez, directora de seguridad nuclear del CSN (2004-2013) y representante española en el Comité de Normas Nucleares del OIEA. Fuente: SNE.

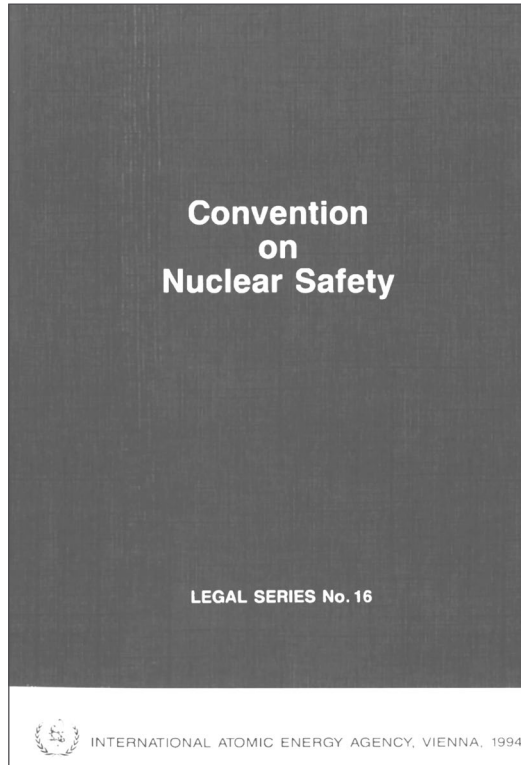
⁵⁹ Más información sobre el funcionamiento del programa OSART en:

<https://www.iaea.org/es/servicios/grupo-de-examen-de-la-seguridad-operacional-osart>

⁶⁰ Más información sobre el funcionamiento del programa IRRS en:

<https://www.iaea.org/es/servicios/servicio-integrado-de-examen-de-la-situacion-reglamentaria-irrs>

⁶¹ Sobre las distintas misiones, ver Lanje, Lipar y Perramón (2003) y Lentijo y Mellado (2008).



Texto de la Convención de Seguridad Nuclear consensuado en la Conferencia Diplomática celebrada en Viena del 14 al 17 de junio de 1994. Fuente: OIEA.

Ejército español que apoyó en las décadas de 1960 y 1970 que la investigación y el posible desarrollo de armamento nuclear no debía descartarse⁶⁵; pero el grueso del Ejército consideraba que apostar por las armas nucleares solo contribuiría a retrasar la modernización del armamento convencional, que presentaba entonces graves carencias. Fueron precisamente los sectores pronorteamericanos los que resultaron decisivos para que esa idea no prosperase⁶⁶. Ahora bien, por otro lado, estaba el hecho de que España había participado desde 1964 en el Tratado para la Prohibición Parcial de los Ensayos Nucleares (PTBT) y había mantenido, salvo para Vandellós I, los acuerdos de

Mencionaba al comienzo los trabajos que desde la Historia y los Estudios Culturales de la Ciencia han visto en el OIEA un espacio para observar y tratar de comprender mejor lo que muchos investigadores han llamado la diplomacia científica (*Science Diplomacy*). Para el Estado español, este organismo fue un espacio de negociaciones políticas y diplomáticas que facilitó la integración y la cooperación científica internacional de España.

En este sentido, tantos los diplomáticos españoles destinados en Viena como la Representación Permanente española en el OIEA fueron protagonistas y testigos de las reticencias españolas a sumarse al TNP. Una paradójica situación que se agravó cuando España ingresó en la CEE en 1986 y se convirtió, junto a Francia⁶², en el otro Estado de la Comunidad que no formaba parte del TNP, y al que por tanto no se le podían aplicar las salvaguardias de Euratom. Esta particular situación no se prolongó mucho en el tiempo: un año después, en diciembre de 1987, España firmaba el Tratado⁶³. Habían pasado casi veinte años desde que el TNP, tras largas negociaciones, entrase en funcionamiento en 1968. Los distintos gobiernos de la dictadura y también algunos de la democracia se habían negado a firmarlo manteniendo posturas ambiguas y poco claras al respecto. Aunque España nunca había sido un Estado poseedor de armas nucleares, según expresa Vicente Garrido Rebolledo en un prolijo trabajo sobre *El régimen de no-proliferación nuclear: participación e implicaciones para España*, en el que analiza la postura española en relación con este Tratado, la negativa a suscribirlo nunca quedó claramente explicada⁶⁴. Por un lado, y esto podría haberlo justificado, había un sector del

⁶² Francia firmó el Tratado de prohibición parcial de ensayos nucleares (PTBT) en 1996 y ratificó en TNP en 1998.

⁶³ Instrumento de 13 de diciembre de 1987 de Adhesión de España al Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares, hecho en Londres, Moscú y Washington el 1 de julio de 1968. *Boletín Oficial del Estado (BOE)* n° 313, de 31 de diciembre de 1987: 38243 a 38256. <https://www.boe.es/eli/es/ai/1968/07/01/1>

⁶⁴ Garrido Rebolledo (2017).

⁶⁵ Velarde (2016).

⁶⁶ Sobre estas cuestiones, remitimos al trabajo de Sánchez y León (2019).

salvaguardias nucleares del OIEA desde 1966. Además, y para añadir más confusión, España había participado en el Comité de Desarme de las Dieciocho Naciones (ENCD) en 1961 y en las negociaciones para la conclusión del TNP intentando que las potencias nucleares fuesen más allá en sus compromisos con la no proliferación⁶⁷. Según Garrido Rebolledo, España firmó en 1987 el TNP para evitar que Euratom y el OIEA aplicasen un acuerdo de salvaguardias más estricto que el que se venía aplicando a los Estados no-nucleares miembros del Tratado⁶⁸. A partir de entonces, España participó de forma plena y efectiva en un nuevo acuerdo de salvaguardias junto al OIEA y Euratom.

Concluyo con una referencia a las repercusiones que tuvo en la normativa española el ingreso de España en el OIEA. La primera de ellas fue la promulgación en 1964 de la Ley sobre Energía Nuclear⁶⁹. Respondía a la entrada de España en los organismos atómicos internacionales y a la necesidad de poner al día y acompasar las normativas nacionales a una realidad que poco o nada tenía que ver con la regulación que esta nueva ley derogaba⁷⁰. En 1964 se comenzaba a construir en España la primera central de potencia (Zorita) y en 1972 se conectaba a la red la tercera (Vandellós I). En medio estaba Garoña (en construcción desde 1966 y conectada en 1971). En menos de diez años, España tenía acopladas a la red eléctrica tres plantas nucleares y muchas más en proyecto⁷¹. La Ley de 1964 trataba de responder a ese impulso industrial que se dio con la construcción y puesta en marcha del parque atómico español. La normativa relacionada con el ordenamiento y control de esa nueva fuente de energía reafirmó a la JEN como organismo regulador, con competencias que a partir de 1980 fueron asumidas por el CSN⁷², y estableció el régimen jurídico en el que a partir de entonces debía desenvolverse la industria nuclear. Desde 1964 a 2023 han sido muchas las modificaciones y adendas que ha sufrido esta Ley, reflejo de los cambios acordados por el OIEA y otros organismos internacionales relacionados con la seguridad y la protección radiológica⁷³.

Unas normas que ya desde los comienzos de la construcción del parque atómico español siguieron expresamente las empresas nacionales. Los distintos informes que conservan los archivos históricos de Tecnatom y de Garoña sobre cómo se procedió para la selección del emplazamiento en función del tipo de reactor elegido muestran una aceptación tanto de las normativas y pautas establecidas por el OIEA como de las que imponían y viajaban con la propia tecnología. Estos informes sugieren de nuevo que, junto al marco normativo, fue la tecnología y su puesta en marcha la que condicionó las prácticas de seguridad, estableció en cada proceso los parámetros que debían respetarse, e impuso las maneras de actuar en caso de accidentes⁷⁴.

⁶⁷ Garrido Rebolledo (2017), p. 4.

⁶⁸ Garrido Rebolledo (2017), p. 458.

⁶⁹ Ley 25/1964, de 29 de abril sobre energía nuclear. *BOE* n° 107, de 04 de mayo de 1964: 7544.

⁷⁰ Decreto de 14 de noviembre de 1958 (Ref. *BOE-A-1958-18192*), Ley de 17 de julio de 1958 (Ref. *BOE-A-1958-11340*), Decreto-ley de 22 de octubre de 1951 (Ref. *BOE-A-1951-11120*), Decreto de 29 de diciembre de 1948 (Ref. *BOE-A-1949-616*), y Decreto-ley de 29 de diciembre de 1948 (Ref. *BOE-A-1949-612*).

⁷¹ Para una completa relación de los proyectos nucleares que fueron planeados en España desde 1959, ver Rubio-Varas y De la Torre (2017), pp. 249-254.

⁷² Toda la normativa actual relacionada con la seguridad nuclear se puede consultar en:

<https://www.csn.es/seguridad-nuclear>

⁷³ Una relación de las modificaciones que ha tenido la Ley de Energía Nuclear en:

<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1964-7544&p=20220330&tn=6>

⁷⁴ Para una descripción detallada de las normas y prácticas de seguridad que se introdujeron en España con la construcción y puesta en marcha de las tres primeras centrales españolas (Zorita, Garoña y Vandellós I), ver Romero de Pablos (2019b); y para el caso concreto de Zorita, Romero de Pablos (2022).

BIBLIOGRAFÍA

- CARO, Rafael et al. (1995), *Historia nuclear de España*, Madrid, Sociedad Nuclear Española.
- FISCHER, David (1993), *Towards 1995: The Prospects for Ending the Proliferation of Nuclear Weapons*, Ginebra, Merged Nations Institute for Disarmament Research-UNIDIR.
- FISCHER, David (1997), *A History of the International Atomic Energy Agency: The First Forty Years*, Viena, IAEA.
- FISCHER, David (2000), "Nuclear Safeguards: Evolution and Future", en *Verification Yearbook 2000*, Londres, The Verification Research, Training and Information Centre-VERTIC, pp. 43-56. Recuperado de https://www.vertic.org/media/Archived_Publications/Yearbooks/2000/VY00_Fischer.pdf
- GARRIDO REBOLLEDO, Vicente (2017), *El régimen de no-proliferación nuclear participación e implicaciones para España*, Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid.
- GERMANESE Donatella y RENTETZI, Maria (2023), "Science diplomacy on display: mobile atomic exhibitions in the Cold War: Introduction to Special Issue", *Annals of Science* 80 (1), pp. 1-9.
- HEWLETT Richard G. y HOLL, Jack M. (1989), *Atoms for Peace and War, 1953-1961: Eisenhower and the Atomic Energy Commission*, Berkeley, University of California Press.
- LANJE, David, LIPAR, Miroslav y PERRAMÓN, Francisco (2003), "OSART", *Nuclear España. Revista de la SNE*, 231, pp. 15-20.
- LENTIJO, Juan Carlos y MELLADO, Isabel (2008), "Misión IRRS a España. Primera misión de este tipo realizada en el mundo", *Nuclear España. Revista de la SNE*, 285, pp. 26-32.
- MATEOS, Gisela y SUÁREZ-DÍAZ, Edna (2015), *Radioisótopos itinerantes en América Latina: una historia de ciencia por tierra y por mar*, México, Universidad Nacional Autónoma de México.
- MATEOS, Gisela y SUÁREZ-DÍAZ, Edna (2023), "The photographers' gaze: The Mobile Radioisotope Exhibition in Latin America (1960-1965)", *Annals of Science*, 80(1), pp. 62-76.
- MAZUZAN, George T. y WALKER, J. Samuel (1985), *Controlling the Atom: The Beginnings of Nuclear Regulation, 1946-1962*, Berkeley, University of California Press.
- OSGOOD, Kenneth (2006), *Total Cold War: Eisenhower's secret propaganda battle at home and abroad*, Lawrence, University Press of Kansas.
- RENTETZI, Maria y ITO, Kenji (2021a), "The Co-Production of Nuclear Science and Diplomacy: Towards a Transnational Understanding of Nuclear Things", *History and Technology*, 37(1), pp. 4-20.
- RENTETZI, Maria y ITO, Kenji, eds. (2021b), "The Material Culture and Politics of Artifacts in Nuclear Diplomacy", *Centaurus*, 63(2), pp. 233-243.
- ROMERO DE PABLOS, Ana (2019b), *Las primeras centrales nucleares españolas. Actores, políticas y tecnologías*, Madrid, Sociedad Nuclear Española.
- ROMERO DE PABLOS, Ana (2022), "Atomic Technologies and Nuclear Safety Practices in Spain during the 1960s", *NTM*, 30 (2), pp. 197-221.

- ROMERO DE PABLOS, Ana y SÁNCHEZ-RON, José Manuel (2001), *Energía nuclear en España. De la JEN al CIEMAT*. Ediciones Doce Calles/Ciemat, Madrid.
- ROMERO DE PABLOS, Ana, (2019a) "Knowledge that traveled between Italy and Spain during the Franco regime: the construction of radioactivity counters", *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, 26(1), pp. 265-279.
- RUBIO-VARAS, Mar y DE LA TORRE, Joseba, eds. (2017), *The Economic History of Nuclear Energy in Spain. Governance, Business and Finance*, London, Palgrave.
- SÁNCHEZ, Esther M. y LEÓN, Pablo, coords. (2019), "La ventana al exterior del Ejército español en la Guerra Fría", número monográfico de la revista *Ayer*, 116.
- SÁNCHEZ, Esther M. y LÓPEZ, Santiago M. (2021), *Historia del uranio en España. De la Minería a la fabricación del combustible nuclear, c. 1900-1986*, Madrid, Sociedad Nuclear Española.
- SWINDELL, G. E. (1979), "El transporte de los materiales radiactivos", *Boletín IAEA*, 20, n.º. 5, pp. 17-24.
- SZASZ, Paul (1993), *Law and Practices of the International Atomic Energy Agency, Legal Series 7*, Viena, IAEA.
- VELARDE, Guillermo (2016), *El Proyecto Islero. Cuando España pudo desarrollar armas nucleares*, Córdoba, Guadalmezán.
- WALKER J. Samuel y WELLOCK, Thomas R. (2010), *A Short History of Nuclear Regulation, 1946–2009*, Washington DC, US Nuclear Regulatory Commission.

Capítulo 1.2 España en la Agencia de Energía Nuclear de la OECD

LORENZO DELGADO GÓMEZ-ESCALONILLA

1.2.1. Hacia una internacionalización de la investigación nuclear

En el transcurso de la II Guerra Mundial la investigación científica y técnica demostró su crucial importancia para imponer la primacía internacional de unas naciones sobre otras. A ello contribuyó el impacto causado por el estallido de las bombas atómicas en Hiroshima y Nagasaki, que convirtió a la energía nuclear en la fuerza más devastadora al alcance del hombre. En lo sucesivo, su posesión y eventual empleo constituyeron una pieza clave del ejercicio del poder a escala mundial, pero también una fuente de grandes posibilidades científicas y energéticas todavía por explorar⁷⁵.

A partir de 1945 se estableció un nuevo sistema global de relaciones, asentado sobre la hegemonía de Estados Unidos y la Unión Soviética. Los aparatos científico-tecnológicos de ambos países entraron en una competición por adelantar a su rival en la consecución de avances estratégicos. Esa dinámica fue acompañada de un “efecto demostración”, para destacar las ventajas de cada uno de los modelos que representaban. La rivalidad entre las denominadas superpotencias se trasladó muy pronto a la internacionalización de la ciencia. Tal internacionalización se concibió como una manera de ganar aliados extranjeros en el enfrentamiento bipolar, o de captar al menos las simpatías y colaboración de grupos relevantes dentro de ellos. La propia dinámica de la generación y expansión de los conocimientos en una época cada vez más interconectada animaba en esa dirección. El proceso aparejó efectos políticos, militares y económicos. La proliferación de agencias internacionales en un amplio abanico de sectores constituyó una buena muestra de la creciente presencia que iban adquiriendo la ciencia y la tecnología en los asuntos mundiales⁷⁶.

Uno de aquellos foros fue la Organización Europea de Cooperación Económica (OECE), creada en 1948 y ampliada en 1961 bajo la nueva denominación de Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE). Su misión inicial fue vertebrar y dar continuidad a las acciones emprendidas en el marco del Plan Marshall, favoreciendo la liberalización comercial y de pagos entre los países de Europa occidental. La dimensión económica resultó pues fundamental en su concepción y en la vertebración gradual del espacio común⁷⁷. Asimismo, desde fecha temprana se consideró que la ciencia tenía un papel fundamental para el crecimiento económico, por la vía del incremento de la productividad. La influencia de Estados Unidos fue determinante en la gestación de la OCDE y en los paradigmas que enmarcaron su evolución y pautas de acción⁷⁸.

⁷⁵ Herken (1982).

⁷⁶ Miller (2006).

⁷⁷ Griffiths (1997), Bonvin y Morrisson (1998), Woodward (2009), Schmeltzer (2016), Leimbgruber y Schmeltzer (2017).

⁷⁸ Guzzeti (1995), Krige (2008).

En el seno de la OECE se creó en 1949 un grupo de trabajo sobre información científica y técnica relacionada con la mejora de la eficiencia industrial, dinámica que llevó a la fundación de la Agencia Europea de Productividad (1953). Estados Unidos acogió misiones de estudio y favoreció los canales de intercambio, asignando fondos de contrapartida para tales fines procedentes de su ayuda a Europa. Algo más tarde se estableció un Comité de Investigación Aplicada (1958) para fomentar la calidad científica y técnica de los recursos humanos. A partir de 1959 se prepararon informes sobre políticas nacionales, sistemas estadísticos de medición, comunidades de expertos, etc.⁷⁹. La ciencia era considerada un factor catalizador de la innovación tecnológica y, por extensión, una palanca para promover el desarrollo económico. De ahí el interés por habilitar circuitos que promoviesen la circulación de información y capital humano entre los Estados miembros, para afrontar los problemas comunes y decidir las medidas a adoptar⁸⁰. La investigación en materia nuclear no fue ajena a ese proceso.

Estados Unidos había creado en 1946 la Atomic Energy Commission (AEC), encargada de velar por el control de los materiales y de las investigaciones relacionadas con la energía atómica⁸¹. Sobre el campo nuclear se proyectaban una serie de restricciones y una imagen de opacidad ligadas a su vertiente militar. La posesión de determinados conocimientos en este ámbito se consideraba materia reservada, pues daba acceso a la posible fabricación de armas atómicas, como demostró la Unión Soviética en 1949. Hubo que esperar a 1953 para que el presidente norteamericano Dwight D. Eisenhower hiciera un llamamiento público para promover una cooperación internacional en materia de energía nuclear. El resultado fue el lanzamiento de la campaña “Átomos para la paz” y la propuesta de creación de una agencia internacional en la ONU. La iniciativa tenía una clara finalidad comercial y propagandística. A los móviles económicos derivados de su expansión como fuente de energía se unía el interés por mostrar que Estados Unidos ponía al alcance del mundo sus avances científicos en contraposición al hermetismo soviético⁸². En el caso europeo, disponer de suministros energéticos a costes razonables resultaba esencial para impulsar la ansiada reconstrucción económica tras la devastación de la reciente guerra mundial.

En 1955 se reunió en Ginebra una conferencia internacional para articular de forma práctica los perfiles de la propuesta. Su amplia repercusión hizo patente la centralidad que había adquirido el tema nuclear en las relaciones internacionales durante la Guerra Fría⁸³. En lo sucesivo, se insistiría en la dimensión civil de esa energía, en su empleo para introducir mejoras en la calidad de vida de las personas en terrenos como la medicina, la agricultura y la generación de energía barata. El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), creado en Viena en 1957, se convirtió en el principal foro mundial en este ámbito⁸⁴.

1.2.2. Primeros pasos de la Agencia Europea para la Energía Nuclear⁸⁵

Varios países de Europa occidental se sumaron a aquel foro desde su fundación, a la par que se debatía sobre la oportunidad de contar con instituciones propias. El asunto se planteó ya a inicios de los años cincuenta en

⁷⁹ King (1965), pp. 17-20, Godin (2004).

⁸⁰ Salomon (1965).

⁸¹ Hewlett y Duncan (1969), Kevles (1987).

⁸² Osgood (2006), pp. 153-199, Drogan (2016).

⁸³ Hewlett y Holl (1989), Krige (2006).

⁸⁴ Fischer (1997). Véase asimismo el capítulo en esta obra de Ana Romero de Pablos sobre el mencionado organismo.

⁸⁵ Un comentario sintético sobre la Agencia en https://www.iaea.org/sites/default/files/03305302326_es.pdf

el Comité para la Cooperación Científica del Centro Cultural Europeo, en Ginebra, dónde se señaló la dificultad de los jóvenes físicos para continuar su formación en Europa ante la carencia de centros dotados de equipamiento moderno en campos de vanguardia, como era el caso de la energía nuclear. La emigración a Estados Unidos constituía la única salida, con el peligro de incrementar la dependencia respecto a este país. Junto a aquel criterio científico se incorporaba otro de índole económica, más relevante si cabe en aquellos momentos. La rápida recuperación de Europa occidental demandaba un incremento de la producción de electricidad que respaldase el dinamismo industrial, y las posibilidades de la energía nuclear eran un territorio a explorar para impulsar ese proceso. Poco después se decidió elaborar un plan preliminar para establecer un laboratorio internacional europeo de investigación nuclear.

En junio de 1953 se firmó el acuerdo para la constitución del European Council for Nuclear Research (CERN), cuya construcción se inició dos años más tarde. La decisión se había perfilado previamente en una reunión de la UNESCO, en París, en diciembre de 1951. En julio de 1954 se suscribió la convención que establecía la European Organization for Nuclear Research. Su objetivo principal era la construcción y puesta en funcionamiento de un laboratorio de investigación, cuyo coste sería repartido entre los doce países integrantes⁸⁶. Todavía se estaba en la antesala de los programas nucleares nacionales y en una fase de claro predominio experimental,



Sede central de la Agencia de Energía Nuclear en el Boulevard Suchet en París (1958-1992). Fuente: NEA-OCDE.

⁸⁶ Bélgica, Dinamarca, Francia, República Federal Alemana, Grecia, Italia, Países Bajos, Noruega, Suecia, Suiza, Gran Bretaña y Yugoslavia. UNESCO (1954), Hermann, Krige, Mersits, Pestre y Weiss (1990).

por lo que siguieron sondeándose las posibilidades de una mayor cooperación multilateral. En julio de 1956 se estableció un Comité Directivo sobre Energía Nuclear, y la creciente importancia concedida a la cuestión nuclear en el escenario de la construcción europea se plasmó al año siguiente en el nacimiento de Euratom (Comunidad Europea de la Energía Atómica). Su creación tuvo lugar conjuntamente con la firma del Tratado de Roma, en marzo de 1957, constitutivo de la Comunidad Económica Europea (CEE)⁸⁷.

La Agencia Europea para la Energía Nuclear (AEEN, ENEA en sus siglas en inglés) se fundó en febrero de 1958⁸⁸. Su cometido era promover la cooperación en el desarrollo de la energía nuclear y su utilización con fines pacíficos. A su frente se designó un comité directivo, con representación de todos los países miembros y asociados. Los siguientes escalones de su estructura estaban formados por un comité de expertos de primer nivel y varios grupos de estudio técnico y grupos de trabajo. El radio de actividad de la Agencia abarcó en sus orígenes diversas facetas.

En primer lugar, se ocupó de impulsar y coordinar la ejecución de una serie de proyectos: la constitución de la Sociedad Europea para el Procesamiento Químico de Combustibles Irradiados (Eurochemic) en Mol-Bélgica (1957-1975)⁸⁹, junto a la construcción y operatividad del reactor de agua pesada en ebullición Halden en Oslo-Noruega (1959-2008) y el reactor de alta temperatura Dragon en Winfrith-Gran Bretaña (1959-1975)⁹⁰. El segundo objetivo fue favorecer la armonización de los programas nacionales de investigación, fomentando la colaboración científico-técnica entre los países miembros y el intercambio de información y personal. En tercer lugar, debía encargarse de elaborar un corpus normativo uniforme para todos los países integrados en la Agencia, especialmente en los ámbitos de la salud, la seguridad, la responsabilidad y la manipulación de materiales radiactivos. Por último, emprendería estudios sobre los aspectos económicos de la energía nuclear y evaluaría el lugar que podía ocupar en el balance energético global de Europa. Junto a todo ello, la AEEN participó en cuestiones tales como la propulsión de buques nucleares, la irradiación de los alimentos, los controles de seguridad, la correlación de datos nucleares y la radiactividad medioambiental⁹¹.

Las prioridades que subyacían tras ese despliegue de actuaciones eran las siguientes: la realización de proyectos coordinados de investigación y desarrollo que favorecieran un entorno de cooperación e intercambio de experiencias entre los miembros de la Agencia, la determinación de criterios comunes para la protección radiológica del personal que operaba en este sector y de las sociedades en su conjunto, y la preparación de un régimen legal y de responsabilidad civil⁹². Eurochemic y los reactores Halden y Dragon aportaron conocimientos en aspectos clave del reprocesamiento y la gestión de los residuos radiactivos, y en las técnicas de construcción, mantenimiento y seguridad de los reactores de centrales nucleares, sus instalaciones y el personal que trabajaba en ellas. La responsabilidad civil en caso de accidente fue una preocupación desde fecha temprana, creándose un grupo de expertos que elaboró una normativa internacional para regular los principios básicos que luego habrían de trasladarse a las legislaciones nacionales. El resultado fue la Convención de París adoptada por el Consejo de la OEEC en julio de 1960. Junto a ese grupo de expertos, se constituyeron otros

⁸⁷ O'Driscoll, Lake y Lodge (2002).

⁸⁸ https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_40042/history-of-the-nea

⁸⁹ Eurochemic no pudo competir con los proyectos nacionales de reprocesamiento y puso fin a sus actividades en 1975. Busekist (1980) y Wolff (1996).

⁹⁰ IFE (2009), *50 years of Safety-related Research. The Halden Project 1958-2008*, <https://www.oecd-nea.org/jointproj/docs/halden/the-halden-project-1958-2008.pdf>

⁹¹ Adkins (1969).

⁹² Echávarri (2008), pp. 36-37.

de relevancia: de un lado, grupos de salud pública y seguridad, que establecieron una fructífera colaboración con la Comisión Internacional de Protección Radiológica (International Commission on Radiological Protection-ICRP); del otro, grupos sobre datos nucleares, que dieron origen a servicios específicos como la Computer Programme Library (en Ispra-Italia) y el Neutron Data Compilation Centre (en Saclay-Francia).

1.2.3. Incorporación de España a la OECE / OCDE y cooperación en materia nuclear

España fue excluida de la lista de beneficiarios del Plan Marshall y del grupo de países que alumbraron la OECE. La naturaleza política de la dictadura franquista fue la causa de tal relegación, que impidió acceder a la financiación norteamericana para la reconstrucción de Europa occidental y demoró la integración en los canales de cooperación multilateral auspiciados por la OECE⁹³. Para paliar las negativas repercusiones económicas de la ausencia en ese organismo, los dirigentes españoles recurrieron a fórmulas indirectas que les permitieron acceder, en calidad de observadores, a los trabajos de comités técnicos en diversas materias (alimentación y agricultura, intercambios y pagos intraeuropeos, mano de obra, madera, textiles...). Entre esos comités se encontraba el encargado de la productividad y la investigación aplicada. El respaldo de Estados Unidos facilitó la participación española en proyectos de la Agencia Europea de Productividad. Las ideas y métodos que se manejaban en ese foro se trasladaron a la Comisión Nacional de Productividad Industrial (CNPI), por cuyo conducto llegaron a los cuadros económicos españoles⁹⁴. Se trataba en principio de un vínculo básicamente informativo, si bien desde marzo de 1955 la representación española obtuvo el rango de delegación permanente cerca de la OECE. Al año siguiente, un grupo de trabajo realizó el primer análisis sobre la situación económica de España, sumida por entonces en serios problemas e incertidumbres⁹⁵.

Las condiciones de una eventual asociación empezaron a ser examinadas y los contactos se intensificaron desde 1957. Varias misiones de expertos se desplazaron a España para recabar datos más precisos y completos sobre la capacidad española para cumplir con las obligaciones de la OECE, al tiempo que se estrechaban los vínculos con los cuadros de la administración española comprometidos con un cambio de rumbo de la política económica⁹⁶. La creación de la CEE confirió mayor urgencia al proceso⁹⁷. A comienzos de 1958 se firmó el acuerdo de asociación entre España y la OECE⁹⁸, aunque aún hubo de esperar año y medio para lograr su acceso como miembro de pleno derecho.

⁹³ Guirao (1998).

⁹⁴ "Report Prepared by the Operations Coordinating Board. United States Policy toward Spain", 27/4/1955, *Foreign Relations of United States* (FRUS), 1955-1957, vol. XXVII, pp. 533-537. Miranda (2004).

⁹⁵ "Association of Spain in the Work of the Organisation. Report of the Special Working Party of the Council. Annex A: The Economic Situation of Spain. Annex B: Obligations of Membership", 17/7/1956, Historical Archives of the European Communities-Organisation for European Economic Cooperation (OEEC), C(56)201 Annexes.

⁹⁶ Delgado Gómez-Escalonilla (2001).

⁹⁷ "Mission technique à Madrid. Rapport établi à l'intention du Groupe de Travail n° 18 du Conseil", 13/6/1957, Centre des Archives Économiques et Financières-Ministère français du Commerce et Finances, Direction du Trésor (AEF-MFCF), B-10837. "Association de l'Espagne avec l'Organisation. Note du Président du Groupe de Travail n° 18 du Conseil", 9/7/1957, OEEC, C(57)157.

⁹⁸ "Agreement between the OEEC and the Spanish government concerning the association of Spain with the work of the Organisation", 10/1/1958, OEEC, C(58)017.

El gobierno de Washington estaba interesado en aumentar la implicación de las organizaciones internacionales en España, pues permitiría disminuir su creciente dependencia de la ayuda económica y técnica americana desde la firma de los Pactos bilaterales de 1953. Así lo había demostrado con su apoyo a la entrada de España en 1958 en el Fondo Monetario Internacional (FMI) y el Banco Internacional de Reconstrucción y Desarrollo (BIRD)⁹⁹. Además, por esa vía se alentaba la liberalización económica del país sin el desgaste que suponía una presión directa de la potencia americana sobre el régimen español. El ingreso en la OECE se demoró hasta la confección del Plan de Estabilización de 1959, con participación de misiones enviadas por el FMI y la OECE¹⁰⁰. Aquella operación, ejecutada con asistencia y financiación exteriores, propulsó en poco tiempo el crecimiento económico español e incrementó el crédito político de los equipos tecnócratas que la pilotaron.



ESPAÑA, EN LA O.E.C.E.- Sir Hugh Ellis Rees saluda al delegado español permanente en la O.E.C.E., embajador Sr. Núñez Iglesias, al finalizar la sesión, celebrada en el castillo de la Muette, en la que el citado organismo Internacional acordó la admisión de España como miembro de pleno derecho. (Foto. Cifra.)

Fuente: Archivo Linz de la Transición Española-Fundación Juan March.

En paralelo a la incorporación a la OECE, los dirigentes españoles siguieron con atención los pasos que se daban en materia de cooperación nuclear internacional, dado su previsible impacto sobre la transferencia de información y tecnología en un sector estratégico para la producción energética. La nutrida representación española que asistió en 1955 a la conferencia internacional de Ginebra fue un buen exponente de ello, así como su incorporación al conjunto de países que suscribieron acuerdos con Estados Unidos en el marco del programa "Átomos para la Paz"¹⁰¹. La conexión con Estados Unidos se amplió de forma notable en los años siguientes, haciendo de este país la principal referencia exterior de España en materia de investigación nuclear. Fue el primer destino para la formación de sus especialistas, el proveedor de la asistencia financiera y técnica

⁹⁹ Muns y Millet (1994), Cavalieri (2014).

¹⁰⁰ Varela (1994), Galiana Richart (2017), Sánchez Lissen y Sanz Díaz (2019).

¹⁰¹ Romero de Pablos (2018) y (2019), pp. 19-26.

que posibilitó la construcción de los primeros reactores experimentales, y el interlocutor más destacado en la posterior construcción de centrales nucleares¹⁰². Asimismo, España pasó a formar parte del OIEA el mismo año de su creación¹⁰³.

La progresiva vinculación con la OECE también se plasmó en el interés por asociarse a las iniciativas europeas en materia de energía nuclear. La revista *Energía Nuclear*, publicada desde 1957 por la Junta de Energía Nuclear (JEN), analizaba regularmente los informes elaborados por Euratom, que daban cuenta del papel que podría jugar esa fuente de energía para paliar las importaciones europeas de petróleo u otros suministros de esa índole¹⁰⁴. La integración española en las organizaciones europeas del sector fue bastante rápida, en la mayor parte de los casos. Desde los primeros meses de 1958 se empezó a estudiar la admisión de España en la Agencia Europea para la Energía Nuclear y en Eurochemic, proceso que culminó en 1959 en el caso de la primera y al año siguiente para la segunda¹⁰⁵. Otro tanto ocurriría con el acceso al CERN¹⁰⁶, al Foro Atómico Europeo (Foratom) y al Centro Europeo de Investigaciones Nucleares. A Euratom no se accedió hasta la integración en la CEE en 1986, si bien existieron vínculos fluidos con la organización antes de esa fecha¹⁰⁷.

La trayectoria española en la AEEN, luego AEN, estuvo íntimamente asociada a la propia evolución de la organización. En el plano institucional, el presidente de la JEN, José María Otero Navascués, formó parte de su Comité de Dirección desde 1961. A lo largo de toda esa década, ejerció además labores directivas en la Sociedad Europea de Energía Atómica, accediendo a la presidencia en 1965. Su capacidad de interlocución facilitó la incorporación de otros científicos españoles a cargos de responsabilidad internacional en este campo¹⁰⁸. Simultáneamente, la implicación española quedó plasmada en la temprana organización, en 1960, de un congreso de la Agencia en Palma de Mallorca, y de otro segundo simposio en Madrid en 1963. Las prioridades para España en aquellos compases iniciales de su singladura nuclear europea eran la recepción de información sobre los proyectos conjuntos y los programas nucleares de los países miembros, la formación y el aprendizaje de sus cuadros profesionales, o las medidas que se emprendían para armonizar la legislación en diversas cuestiones relativas a salud pública y seguridad. No menos importante fue la posibilidad de sumarse a la comunidad de expertos que se iba configurando en los comités de la AEEN. Aquellos comités se convirtieron en foros técnicos de primer nivel, compuestos por grupos pequeños y dotados de gran operatividad en sus métodos de análisis y sus propuestas de acción. Su aportación resultaría de indudable valor en la puesta al día de conocimientos, en la regulación de prácticas, y en la aplicación de nuevos procedimientos para el funcionamiento de las centrales nucleares.

¹⁰² Romero de Pablos y Sánchez Ron (2001), Presas i Puig (2005), Herrán y Roqué (2012), Rubio-Varas y De la Torre (2017 y 2018), Romero de Pablos (2019).

¹⁰³ <https://www.iaea.org/es/el-oiea/lista-de-estados-miembros>

¹⁰⁴ Redonet Maura (1957).

¹⁰⁵ "Association de l'Espagne aux travaux de l'Agence Européenne de l'Energie Nucléaire", 20 y 22/2, 2 y 13/5, y 14/10/1958, OEEC, 411, Spain 1954-61.

¹⁰⁶ España ingresó en el CERN en 1961, pero lo abandonó ocho años más tarde, con "enorme disgusto" de Otero (Caro, 1995, p. 68), alegando motivos económicos. Su regreso, en 1983, marcó el inicio de una intensa etapa investigadora en Física de Altas Energías. Sobre la discontinua presencia española en ese organismo, ver Roqué (2012).

¹⁰⁷ Esos vínculos son examinados en la contribución de Joseba De la Torre y Mar Rubio-Varas a esta obra.

¹⁰⁸ Por citar algunos casos, Luis Gutiérrez Jodra ocupó la vicepresidencia y luego la presidencia de Eurochemic a finales de los años 60. En la misma institución, Emilio López-Menchero estuvo al frente de una jefatura de División, y Ramón Ortiz Fornaguera fue presidente de la Biblioteca de Programa de Cálculo. Carlos Sánchez del Río, director de la Sección de Física de Reactores de la JEN, tuvo a su cargo la División de Reactores del OIEA. Ya en 1982, Manuel López Rodríguez, vicepresidente de la JEN, accedió al Consejo de Gobernadores del OIEA y la vicepresidencia de la AEN. Caro (1995), pp. 65 y 69, Presas i Puig (2000), pp. 531-532, Pérez Fernández-Turégano (2016), p. 76.

Otra interesante dimensión de la vinculación española a la OCDE y la AEEN nos permite apreciar la percepción de la organización sobre las expectativas del sector nuclear en nuestro país. En los primeros informes emitidos por la OCDE sobre la situación del emergente sistema español de I+D, se elogiaba la labor de la JEN para intentar ponerse al nivel de otras entidades europeas similares en un lapso de tiempo relativamente corto. Para ello, concentraba sus esfuerzos a inicios de los años sesenta en la prospección de materias primas (uranio), en la normalización de las técnicas existentes y en la formación de personal¹⁰⁹. En otro amplio informe publicado a finales de aquella década se resaltaba la importancia de la JEN como “fuente de tecnología moderna en España y como punto de partida de una industria nuclear cuyos primeros resultados en el sector energético no tardarán en materializarse”¹¹⁰.

A juicio de la OCDE, España disponía de yacimientos de uranio que le daban una ventaja comparativa, por lo que se estimaba muy acertada la decisión de desarrollar la investigación en este campo. La generación de energía nuclear podía ser una alternativa económicamente competitiva frente a otras fuentes de suministro como las centrales térmicas o la importación de petróleo. Además, la investigación y los desarrollos tecnológicos se estaban acometiendo en colaboración con la industria, algo que resultaba bastante excepcional en el panorama español de la época. Como recalca la OCDE, uno de los problemas más acuciantes que lastraban el sistema español de I+D era la reducida inversión de la industria privada en investigación, derivada en buena medida del predominio de pequeñas y medianas empresas en el país. En el sector nuclear la situación resultó diferente prácticamente desde sus comienzos.

Si bien fueron empresas extranjeras las que asumieron el grueso de la construcción de las centrales españolas de primera generación, en esa labor colaboraron muy activamente empresas nacionales de ingeniería, construcción y montaje, y bienes de equipo eléctricos y electromecánicos. El porcentaje de fabricación nacional que se alcanzó en esas primeras centrales fue relevante, aunque inferior al 50% al ser contratos “llave en mano”. En las centrales de segunda y tercera generación, ya sin contratos “llave en mano”, los porcentajes se ampliaron notablemente. Ciertamente, se importó tecnología extranjera, pero, como señalaba la OCDE, “la acción combinada de la investigación gubernamental y la empresa pública y privada posibilitaron la creación de industrias técnicamente avanzadas de nivel internacional”¹¹¹.

En el sector nuclear no se cumplió la desconexión entre investigación e industria, sino que, bien al contrario, se completó el ciclo del laboratorio al mercado que permitió la transferencia de conocimientos y especialistas a las empresas privadas¹¹². Tanto la JEN como su máximo responsable, Otero Navascués, potenciaron esa conexión desde fechas tempranas. Así, en julio de 1955 se creó la Comisión Asesora de Reactores Industriales (CADRI), un órgano de apoyo a la JEN que daba entrada a representantes del gobierno y de las empresas privadas para la toma de decisiones estratégicas. Empresas eléctricas e ingenieros industriales fueron muy pronto conscientes de las posibilidades que abría esa fuente de energía, y se movilizaron para fraguar un lobby que influyese sobre las decisiones oficiales forjando una emergente alianza público-privada¹¹³. También la presencia de la energía nuclear como área prioritaria en los sucesivos Planes de Desarrollo se hizo eco de esa singularidad¹¹⁴.

¹⁰⁹ OCDE (1964), pp. 15-16.

¹¹⁰ OCDE (1968), pp. 78-79.

¹¹¹ OCDE (1968), pp. 155-158.

¹¹² Rubio-Varas y De la Torre (2018).

¹¹³ De la Torre (2017), pp. 38-40.

¹¹⁴ Presidencia del Gobierno (1967 y 1972).

En los documentos de la OCDE quedó reflejado el interés por lo que aportaba el sector en términos de avance tecnológico, formación de personal altamente cualificado y apuesta por ampliar el margen de maniobra en un campo tan estratégico como el energético. La JEN era, además, uno de los escasos centros de investigación españoles que poseían equipos para realizar ensayos de producción industrial a pequeña escala. Toda esa serie de características incrementaban la relevancia del sector nuclear, a juicio de los expertos de la OCDE, ya que podría “tener efectos propulsores en muchas ramas de la industria española”. En tal sentido, afirmaban, su actividad no se limitaría “a la creación de condiciones óptimas para la transferencia horizontal de tecnología nuclear, sino que se extenderá rápidamente al diseño de equipos, instrumentos y procesos auxiliares patentables que puedan interesar a países extranjeros”¹¹⁵.

1.2.4. Evolución de la Agencia de Energía Nuclear

Los años cincuenta constituyeron una fase germinal de experimentación. En las décadas siguientes se avanzó en el desarrollo comercial e industrial del sector. La crisis de 1973, que provocó un fuerte incremento de los precios del petróleo, acentuó el atractivo de la energía nuclear como fuente complementaria susceptible de disminuir la dependencia y la vulnerabilidad exterior de los países europeos. Hubo casos, singularmente el de Francia, donde se convirtió en la principal alternativa (Plan Messmer, 1974)¹¹⁶. La energía nuclear no solo se hacía más competitiva económicamente, sino que también permitía diversificar la cadena de suministros energéticos, vitales para preservar el crecimiento de las sociedades occidentales. Para entonces, la AEEN se había transformado en un foro de coordinación de los programas nucleares nacionales de los países miembros, especialmente en los ámbitos de la salud, la seguridad y la legislación. Además, desde abril de 1972 y tras la incorporación de Japón, había cambiado su denominación originaria, pasando a ser la Agencia de Energía Nuclear (AEN, NEA en sus siglas inglesas).

Las centrales nucleares fueron extendiéndose por la geografía europea durante aquella década. Su espectacular crecimiento tuvo su reflejo en una creciente fiscalización y presión de los ciudadanos hacia los gobiernos para que priorizaran la seguridad y los aspectos medioambientales de la energía nuclear. En realidad, tal preocupación no era nueva, pues ya se había venido manifestando desde los años cincuenta. La *Atomic Energy Act* de 1954 constituyó un exponente pionero de esas inquietudes, luego trasladadas a la legislación europea e internacional¹¹⁷. Otro factor de atención fue la necesidad de cobertura de riesgos por responsabilidad civil de las empresas privadas americanas, una faceta imprescindible para el desarrollo de esta tecnología. El accidente acaecido en 1979 en la central de Three Mile Island (Estados Unidos) incrementó las reservas entre la opinión pública sobre los riesgos asociados al empleo de la energía nuclear. El posterior y mucho más devastador suceso ocurrido en Chernóbil (Ucrania), en 1986, tuvo un impacto más fuerte y duradero sobre la seguridad de Europa, y también sobre la percepción pública de las sociedades europeas en torno a la relación riesgo/beneficio en la explotación de la energía nuclear.

En el territorio español empezó a operar desde 1969 la central de Zorita, a la que seguirían en los años siguientes las de Garoña y Vandellós I. Junto a las cuantiosas inversiones que demandó ese despliegue, se hizo

¹¹⁵ OECD (1971), pp. 25, 32 y 64.

¹¹⁶ Hecht (2004), Le Renard (2017), y capítulo de Esther Sánchez en este mismo volumen.

¹¹⁷ Walker y Wellock (2010).

necesario contar con información y procedimientos reguladores que sirvieran de orientación al conjunto del sistema, y singularmente al mundo empresarial, en ámbitos como la seguridad de las instalaciones nucleares, la protección radiológica, la gestión de los residuos radiactivos, o la base administrativa y legal para su desenvolvimiento¹¹⁸. En tales desafíos resultó fundamental la participación española en la AEN. Ese vínculo proporcionó una plataforma ágil para la transferencia de conocimientos, para la familiarización con el manejo de estudios y normas internacionales, y también para disponer de un canal de aprendizaje para los especialistas españoles que se integraban en equipos internacionales pequeños y eficientes.

Los grupos de expertos constituidos en el decenio precedente cobraron mayor relevancia a lo largo de los años setenta, organizando su trabajo a partir de una serie de comités¹¹⁹. La responsabilidad civil por daños a terceros fue abordada desde una perspectiva más global a través del Comité sobre Legislación Nuclear (Nuclear Law Committee-NLC). La Convención de París de 1960 había sido la expresión preliminar de una legislación que respondiese a los eventuales riesgos que el uso de las radiaciones podía suponer para la población civil. El trabajo prosiguió de forma activa, con estudios sobre derecho comparado en los que también participó la JEN. Su sucesor, el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), dio continuidad a esa labor. La publicación del *Boletín sobre Derecho Nuclear* permitió contar con un órgano de expresión para la recopilación, revisión y seguimiento de las innovaciones legislativas en este campo.

El análisis de los riesgos que en materia de salud y seguridad comportaba la creciente utilización de la energía nuclear, así como la preocupación por dotar de medidas protectoras tanto a los trabajadores implicados directamente en las instalaciones nucleares como a la población en general, se encomendaron al Comité sobre la Protección contra las Radiaciones y Salud Pública (Committee on Radiological Protection and Public Health-CRPPH). Su tarea consistió en preparar recomendaciones preventivas y actuar como un marco general que incorporase conocimientos y experiencias, en coordinación con otras organizaciones como el OIEA, la ICRP y la Organización Mundial de la Salud (OMS). Sus aportaciones resultaron fundamentales en la redacción de normas europeas para fijar los límites de dosis y concentraciones máximas permitidas de radiactividad en el aire y en el agua.

La presencia española en esos dos grupos de expertos, luego comités, tuvo una influencia directa en la adopción y aplicación de medidas que contribuyeron al desarrollo de la legislación nuclear en España. En 1959 se promulgó la primera norma legal sobre protección radiológica. En 1964 se aprobó la Ley sobre Energía Nuclear (también con una clara influencia de la ley norteamericana de 1954), que recogía los avances en materia de armonización legal. Tres años más tarde, por decreto, se sancionó el Reglamento sobre Cobertura de Riesgos Nucleares. Todas las disposiciones aludidas constituyeron pasos decisivos en la regulación de esa fuente de energía y en el uso de radiaciones ionizantes en España. En los años posteriores se sucedieron nuevas medidas relativas a seguridad, protección radiológica y gestión de residuos, como el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas de 1972¹²⁰.

Junto a los anteriores, otros comités se ocuparon de dimensiones igualmente relevantes, que con el paso del tiempo permitieron disponer de un marco normativo y de investigación considerado como referencial mundial. El interés por la protección ambiental también estuvo en la base del Comité de Gestión de Residuos

¹¹⁸ Echávarri (2008), p. 38.

¹¹⁹ Una información más amplia y detallada sobre la evolución y actuaciones de los Comités que se mencionan a continuación en Alonso (1996) y Martínez Ten (2008), pp. 112-120.

¹²⁰ Menéndez-Navarro y Sánchez Vázquez (2013), Sánchez y López (2021), pp. 94-103.

Radiactivos (Radioactive Waste Management Committee-RWMC). Inicialmente se priorizó la cooperación en temas de investigación sobre el tratamiento y destino de estos residuos. En España fue la JEN la que se encargó de su gestión, pasando luego la responsabilidad a ENUSA y, desde 1986, a ENRESA. Como en otros países, el protagonismo de las instituciones de investigación fue cediendo paso al de las empresas y organismos reguladores conforme se desplegó la actividad de las centrales nucleares. La cuestión del almacenamiento geológico profundo ocupó un lugar preminente, con la constitución de grupos de trabajo dedicados a evaluar la previsible ubicación de tales emplazamientos y sus características (Performance Assessment Advisory Group-PAAG), junto al estudio de las formaciones geológicas más adecuadas (Site Evaluation and Design of Experiments for Radioactive Waste Disposal-SEDE). Sus análisis estaban encaminados al desarrollo de estrategias conjuntas que garantizaran una gestión segura y sostenible de los residuos radiactivos, sobre todo los de vida larga, y en especial el combustible gastado. Posteriormente se fueron creando subgrupos en el seno de este comité para ocuparse de sus diversas vertientes.

EL CSN estuvo presente en el RWMC desde sus comienzos, con una aportación que se ha ido haciendo más patente con el paso del tiempo y se ha traducido en el ejercicio de funciones directivas en su Foro de Reguladores. Fruto de ello fue que España se convirtiera en sede del primer Seminario sobre la Regulación de la Seguridad a Largo Plazo del Almacenamiento Definitivo de los Residuos Radiactivos, organizado conjuntamente con otros comités de la AEN, el CSN y ENRESA. Asimismo, colaboró con sus propios estudios y resultados de programas de investigación en actuaciones tan destacadas como el desmantelamiento de la central de Vandellós I, o en las estrategias de comunicación con los agentes sociales sobre todo del ámbito local¹²¹.

El impulso a la construcción de centrales nucleares comerciales, que produjeran electricidad destinada al mercado energético de los diversos países, puso el foco en la seguridad específica de esas instalaciones. Si previamente desde la AEN se había investigado sobre la tecnología de seguridad de reactores, tales iniciativas se fueron ampliando conforme se amplió la variedad de los reactores de agua ligera, de sodio y algunos reactores de gas. Se hizo preciso confeccionar planes de acción ante posibles escenarios derivados de un accidente o motivados por el deterioro y envejecimiento de los materiales de construcción. De ello se ocupó el Comité de Seguridad de Instalaciones Nucleares (Committee on the Safety of Nuclear Installations-CSNI). En 1974 puso en marcha, con un notable alcance internacional, un Programa para la Inspección de Componentes de Acero que mejoraba los métodos de inspección y detección de posibles defectos en las estructuras, lo que redundaba en su seguridad. En 1980 inició su actividad el Sistema de Información sobre Incidentes (*Incident Reporting System-IRS*), destinado a recabar información de los países participantes relativa a incidentes operativos observados en las centrales nucleares en explotación. La extensa recopilación de datos resultó muy útil para articular mecanismos de prevención, hasta el punto de llevar al OIEA a implantar el sistema en el conjunto de países del mundo que explotaban esta fuente de energía.

Todas estas contribuciones ayudaron a mejorar en España los diseños de los reactores de Almaraz y Ascó, ya en la segunda generación de centrales que entraron en funcionamiento en los años ochenta, iniciándose programas experimentales a cargo del CIEMAT. Más tarde, a medida que se iban construyendo otras centrales en diversos puntos de la geografía ibérica, la seguridad se convirtió en un tema cada vez más crucial, participando en tareas relacionadas con el CSNI un número notable de especialistas españoles, procedentes del CSN, CIEMAT, UNESA, Tecnatom, la Universidad Politécnica de Madrid, empresas de ingeniería y las propias

¹²¹ Informes sobre estas cuestiones pueden encontrarse en la web de ENRESA: <https://www.enresa.es/esp/inicio/actividades-y-proyectos>

empresas eléctricas propietarias de las instalaciones¹²². Además, en nuestro país se han celebrado destacados encuentros de grupos relacionados con la seguridad y protección radiológica, no solo de las centrales, sino también de otras instalaciones implicadas en el ciclo del uranio. Fue el caso del celebrado en Salamanca en 1986, a petición del CSN y con patrocinio de ENUSA, donde se trató, entre otras cuestiones, de los criterios de fabricación del combustible nuclear en la planta de Juzbado.

La activa participación del CSN en todas las actuaciones señaladas condujo a la aplicación de modificaciones en la mayoría de las centrales nucleares del país para hacerlas más seguras, implantando un sistema de indicadores similar al del *Reactor Oversight Process* de la Comisión de Regulación Nuclear de Estados Unidos. Tal diseño se incorporó al Sistema Integrado de Supervisión de Centrales Nucleares (Integrated Nuclear Power Plant Supervision System-SISC) establecido por el CSN para optimizar esa labor de supervisión y que está operativo desde 2007¹²³. Asimismo, el compromiso con el fomento de la transparencia informativa se vio reflejado en la presentación realizada sobre el incidente ocurrido en la central de Vandellós II (en 2004) en el taller internacional sobre comunicación celebrado en Tokio en 2007.

Por último, el Comité de Ciencias Nucleares (Nuclear Science Committee-NSC) se encarga de la orientación estratégica y la supervisión del Banco de Datos de la AEN, cubriendo diversas áreas de la I+D básica del campo nuclear: física de reactores, física y química del ciclo de combustible, y seguridad frente a criticidad. En tales dimensiones asesora a gobiernos y organizaciones de investigación sobre las posibilidades de aprovechamiento aplicado e industrial del conocimiento científico generado. Su actividad es especialmente relevante en los programas de cálculo, los servicios de datos nucleares y la cooperación internacional en materias consideradas prioritarias, organizando grupos de trabajo ad hoc, workshops y reuniones técnicas en el marco de sus proyectos¹²⁴.

1.2.5. “Mantener la opción nuclear abierta para el futuro”

Tras el fin de la guerra entre Irán e Irak (1980-1988), los precios del petróleo volvieron a bajar y el gas había ganado peso en la generación de electricidad. Las ventajas comparativas de la estabilidad de costes de la energía nuclear eran ahora menos apreciadas. Además, a consecuencia del accidente de Chernóbil, la energía nuclear volvió a situarse en el ojo del huracán mediático. Los costes de la construcción de centrales se multiplicaron, por las crecientes exigencias en materia de seguridad derivadas de los accidentes, en un contexto de fin del dinero barato por el aumento de los tipos de interés en Estados Unidos y Europa. En paralelo, en varios países crecieron los movimientos antinucleares y sus gobiernos tomaron la decisión de ralentizar los proyectos de construcción de nuevas centrales, o incluso se optó por aplicar moratorias y planes de cierre de instalaciones operativas. Así pues, las centrales eran cada vez más caras y los préstamos cada vez más difíciles de conseguir, a la par que aumentó la percepción social sobre su eventual inseguridad y las incertidumbres ligadas a la gestión de los residuos de larga duración.

¹²² Más detalles sobre las empresas industriales que participan en estas actividades en el capítulo firmado por Santiago M. López.

¹²³ <https://www.csn.es/sisc-sistema-integrado-supervision-centrales-nucleares>

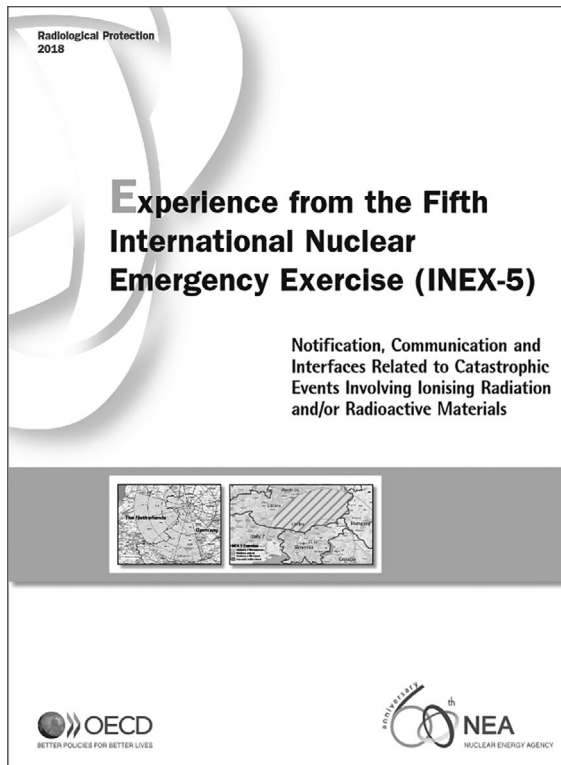
¹²⁴ Caro (1987) y Caro, Aragonés y García de Viedma (1996).

En lo sucesivo, las preocupaciones que guiaron las iniciativas de la AEN, en consonancia con los intereses de los países miembros de la OCDE, fueron contar con mejor información sobre instalaciones, materiales y procesos; incrementar la seguridad, la protección y la prevención, y favorecer la difusión de los conocimientos adquiridos. El principal objetivo consistió en “mantener la opción nuclear abierta para el futuro”¹²⁵. España se encontraba por entonces en un momento de fuerte actividad de la industria nuclear. Pero en el Plan Energético Nacional de 1983 se estableció una moratoria que implicaba la suspensión, desde mediados de esa década, de los ambiciosos programas previstos en el sector. La moratoria se consolidó en 1994 con la Ley de Ordenación del Sistema Eléctrico¹²⁶.

La preocupación en ascenso en materia de seguridad se plasmó en un nuevo Comité de Actividades Regulatorias Nucleares (Committee on Nuclear Regulatory Activities-CNRA) en la AEN, creado a partir de la trayectoria anterior de un Subcomité de Licencias que examinaba los problemas de evaluación e inspección en los distintos países, sobre todo en aquellos con programas de investigación menos potentes. El intercambio de experiencias y prácticas reguladoras permitía mantener un sistema de información técnica sólido y contrastado

internacionalmente. Las principales facetas que tuvo a su cargo abarcaron las tareas de inspección, experiencia operativa y comunicación pública. La atención por la inspección condujo a introducir mejoras sustanciales en diversos procedimientos de la seguridad nuclear (programas contraincendios, instrumentación digital, componentes de alta seguridad, etc.). En materia de experiencia operativa se elaboraron estudios comparativos sobre prácticas y metodologías, basados en buena medida en los datos aportados por la base del IRS, que ayudaron a prevenir sucesos recurrentes no deseados e implementar acciones correctoras. En cuanto a la comunicación al público, comenzó a ser objeto de un mayor interés en los albores del siglo XX para dar satisfacción a las demandas de información de los ciudadanos y mejorar la reputación social de este tipo de energía.

El CRPPH, por su parte, asumió la tarea de analizar el impacto radiológico de la catástrofe de Chernóbil y elaboró un informe crítico sobre las contramedidas adoptadas. Tras ello, se incentivó la recopilación y evaluación de datos dosimétricos proporcionados por la mayor parte de las centrales nucleares de la OCDE y del OIEA, en el marco del proyecto Information System on Occupational Exposure (ISOE), que medía las dosis recibidas por los trabajos desempeñados en áreas de elevada exposición a radiaciones y las técnicas para reducirlas.



Informe INEX-5, NEA-OCDE, 2018.

¹²⁵ Echávarri (2008), p. 40

¹²⁶ González (2008), p. 102.

Otro importante programa creado en aquellos años, el International Nuclear Emergency Exercises Programme (INEX), compartía preocupaciones análogas y pretendía mejorar la gestión colectiva ante esas situaciones.

Por otro lado, el CSNI siguió mejorando el conocimiento científico-técnico sobre la seguridad de los reactores nucleares y las instalaciones del ciclo del combustible, con grupos que en la actualidad se consagran a la integridad de componentes y estructuras, el análisis y la gestión de accidentes, la evaluación de riesgos, los factores humanos y relacionados con la organización, y la seguridad del combustible y su ciclo. Como se demostró también en Fukushima (Japón, 2011), un accidente en cualquier sitio es un accidente en todos los sitios, por lo que las instalaciones deberían regirse por el principio de lograr la mayor eficiencia en un entorno de máxima seguridad. De hecho, las principales organizaciones internacionales relacionadas con el átomo (como el OIEA y la AEN), y también nacionales (CSN), realizaron informes sobre lo ocurrido en la central japonesa que resultaron fundamentales para entender las implicaciones del accidente en la seguridad de todos los reactores¹²⁷.

Tras el derrumbe del bloque soviético, la Agencia inició un tímido programa de divulgación hacia la antigua URSS y los países de Europa Central y Oriental que disponían de reactores de diseño soviético. Esa apertura hacia nuevos miembros también se plasmó en la incorporación de socios de América del Norte y Asia-Pacífico. En la actualidad, la AEN cuenta con 34 miembros que concentran la mayor parte de la capacidad nuclear instalada en el mundo (en torno al 85% de las centrales nucleares existentes)¹²⁸.



Luis Echávarri, director general de la OCDE-NEA (1997-2014), en una entrevista con la prensa.

Fuente: Archivo personal de L. Echávarri.

¹²⁷ El informe del director general del OIEA (IAEA) sobre el accidente de Fukushima en:

<https://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/supplementarymaterials/p1710/languages/spanish.pdf>

La AEN ha realizado un balance reciente de las implicaciones de aquel accidente (OECD, 2023), disponible en:

https://www.oecd-nea.org/jcms/pl_77083/post-fukushima-action-implementation-at-nuclear-installations-human-and-organisational-factors-lessons-learnt. El informe del CSN, que contempla las actuaciones realizadas en España derivadas de aquel suceso, puede consultarse en:

www.csn.es/documents/10182/120407/Documento+informativo+sobre+actuaciones+realizadas+en+España+relativas+al+Plan+de+acción+post+Fukushima++y+actuaciones+internacionales/377f20c5-67a5-2da4-c1be-4c5fe91def53

¹²⁸ Alemania, Argentina, Australia, Austria, Bélgica, Bulgaria, Canadá, Corea, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Islandia, Irlanda, Italia, Japón, Luxemburgo, México, Noruega, Polonia, Portugal, Países Bajos, República Checa, Rumanía, Rusia, Suecia, Suiza, Turquía y Reino Unido (<https://www.oecd-nea.org>).



Luis Echávarri, director general de la OCDE-NEA (1997-2014), con Yukiya Amano, director general del OIEA, en la apertura de la Conferencia Internacional Ministerial *Nuclear Power in the 21st. Century*, San Petersburgo 27-29 de Junio de 2013. Fuente: Archivo personal de L. Echávarri.

La Agencia ha extendido su colaboración a países no europeos de relevancia en el campo de la tecnología y el desarrollo de programas de construcción y operación de centrales nucleares, entre ellos Rusia, China e India. En el plano multilateral, la colaboración continúa siendo muy estrecha con otras organizaciones europeas o mundiales, especialmente con Euratom y el OIEA. También se ha ampliado a otras organizaciones gubernamentales con intereses conexos, como la OMS o el Comité Científico de Naciones Unidas dedicado al estudio de los efectos de las radiaciones atómicas (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation-UNSCEAR), además de no-gubernamentales como la ICRP. A todo ello se suma, obviamente, el contacto frecuente con asociaciones y empresas de la industria nuclear.

A finales del siglo XX, la AEN, con Luis Echávarri como director general (1997-2014)¹²⁹, empezó a elaborar planes estratégicos con proyección a cinco años, siendo el primero el que cubrió el periodo 1999-2004. Aunque la evolución de la Agencia fue una constante, se mantuvieron algunas de sus características esenciales: métodos de trabajo flexibles y adaptados a la evolución de las aplicaciones de la energía nuclear, profundidad y calidad del trabajo técnico desarrollado, revisión continua de los conocimientos y prácticas basada en la vali-

¹²⁹ Luis Enrique Echávarri Lozano, ingeniero industrial de formación, había trabajado previamente en Westinghouse y en las centrales nucleares de Lemóniz, Sayago y Almaraz. Además, había ocupado los cargos de director técnico del CSN (1985-1987), y consejero (1987-1994) y director general del Foro de la Industria Nuclear española (1995-1997). En el ámbito internacional, sobresale también su labor en el OIEA (miembro del INSAG entre 2003 y 2014) y la International Energy Agency (miembro del Consejo de gobernadores entre 1997 y 2014).

dación de códigos y técnicas de evaluación e inspección, y realización de proyectos comunes de investigación sobre temas de interés¹³⁰. El reflejo de tales orientaciones ha continuado proyectándose sobre la legislación, la seguridad nuclear, la protección radiológica y la gestión de los residuos radiactivos. En esa línea también se han gestado nuevas iniciativas como el Foro Internacional Generación IV (GIF), para desarrollar tecnologías nucleares innovadoras, y el Programa Multinacional de Evaluación de Diseños (MDEP), encaminado a estandarizar internacionalmente los criterios de seguridad de los nuevos reactores como requisito para su licenciamiento en diferentes países.

El CSN ha continuado participando en buena parte de los proyectos internacionales promovidos por la AEN, sobre todo en el terreno de la seguridad de instalaciones nucleares. Sus directivas sobre esta materia constituyeron la base para los Reglamentos de Protección Sanitaria de 1992 y de 2003. La colaboración CSN-AEN ha beneficiado al conjunto de agentes del sector en España. Muestra de ello han sido la asunción de medidas legales que han regulado sus actividades, la aplicación de procedimientos y sistemas que han reforzado la seguridad de las instalaciones, la mejora de las prácticas de evaluación e inspección, y el intercambio de experiencias con especialistas de múltiples países. En definitiva, tanto el marco general que da sustento a la energía nuclear en España, como el capital humano implicado en su funcionamiento, han extraído experiencias, conocimientos y modelos de acción fundamentales de esa estrecha cooperación mantenida con la AEN por espacio de más de seis décadas.



Participación de una delegación del CSN en la 146ª reunión del Comité de Dirección de la AEN (Paris, octubre de 2023). Fuente: CSN.

¹³⁰ Martínez Ten (2008), pp. 120-121.

BIBLIOGRAFÍA

ADKINS, Bruce (1969), "La cooperación europea en el campo de la energía nuclear", *Información Comercial Española*, 428, pp. 59-63.

ALONSO, Agustín (1996), "Los Comités de Seguridad y Protección Radiológica de la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE", *Nuclear España. Revista de la SNE*, 154, pp. 25-27.

BONVIN, Jean y MORRISSON, Christian (1998), *L'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE)*, Paris, Presses universitaires de France.

BUSEKIST, O. von (1980), "The history of Eurochemic. A balance", *Atw Atomwirtschaft. Atomtechnik*, 25(5), pp. 258-272.

CARO, Rafael (1987), "AEN. La Agencia para la Energía Nuclear de OCDE", *Nuclear España. Revista de la SNE*, 54, pp. 12-13.

CARO, Rafael et al. (1995), *Historia nuclear de España*, Madrid, Sociedad Nuclear Española.

CARO, Rafael, ARAGONÉS, José M^a, y GARCÍA DE VIEDMA, Luis (1996), "Agencia de Energía Nuclear de la OCDE. Comité de Ciencia Nuclear", *Nuclear España. Revista de la SNE*, 154, pp. 22-24.

CAVALIERI, Elena (2014), *España y el FMI: la integración de la economía española en el sistema monetario internacional, 1943-1959*, Madrid, Banco de España.

DE LA TORRE, Joseba (2017), "Who was Who in the Making of Spanish Nuclear Programme, c.1950-1985", en M. Rubio-Varas y J. De la Torre, eds., *The History of Nuclear Energy in Spain. Governance, Business and Finance*, London, Palgrave Macmillan, pp. 33-65.

DELGADO GÓMEZ-ESCALONILLA, Lorenzo (2001), "El ingreso de España en la Organización Europea de Cooperación Económica", *Arbor*, 669, pp. 147-179.

DROGAN, Mara (2016), "The Nuclear Imperative: Atoms for Peace and the Development of U.S. Policy on Exporting Nuclear Power, 1953-1955", *Diplomatic History*, 40/5, pp. 948-974.

ECHÁVARRI, Luis (2008), "La Agencia de Energía Nuclear de la OCDE, a través de su historia", *Economía industrial*, 369, pp. 35-41.

FISCHER, David (1997), *History of International Atomic Energy Agency. The First Forty Years*, Viena, IAEA.

GALIANA RICHART, Pedro Miguel (2017), *El plan nacional de estabilización económica y el modelo de desarrollo español*, Universitat Internacional de Catalunya (Tesis doctoral).

GODIN, Benoît (2004), *Measurement and Statistics on Science and Technology. 1920 to the Present*, London, Routledge.

GONZÁLEZ, Eduardo (2008), "El sector nuclear español. Historia, impacto económico y proyección", *Economía industrial*, 369, pp. 101-109.

GRIFFITHS, Richard T., ed. (1997), *Explorations in OEEC History*, Paris, OECD.

- GUIRAO, Fernando (1998), *Spain and the Reconstruction of Western Europe, 1945-1957*, London, Macmillan Press.
- GUZZETI, Luca (1995), *A Brief History of European Union Research Policy*, Luxembourg, OOEPEC.
- HECHT, Gabrielle (2004), *Le Rayonnement de la France. Énergie nucléaire et identité nationale après la Seconde Guerre mondiale*, Paris, La Découverte.
- HERRÁN, Néstor y ROQUÉ, Xavier, eds. (2012), *La física en la dictadura. Físicos, cultura y poder en España 1939-1975*, Barcelona, Universitat Autònoma de Barcelona.
- HERKEN, Gregg (1982), *The Winning Weapon: The Atomic Bomb in the Cold War, 1945-50*, New York, Vintage.
- HERMANN, Armin, KRIGE, John, MERSITS, Ulrike, PESTRE, Dominique y WEISS, Laura, (1990), *History of CERN*, vol. I, New York, Elsevier Science Pub. Co.
- HEWLETT, Richard G. y DUNCAN, Francis (1969), *Atomic Shield, 1947-1952: A History of the United States Atomic Energy Commission*, University Park, Pennsylvania State University Press.
- HEWLETT, Richard G. y HOLL, Jack M. (1989), *Atoms for Peace and War, 1953-1961. Eisenhower and the Atomic Energy Commission*, Berkeley, University of California Press.
- KEVLES, Daniel J. (1987), *The Physicists: The History of a Scientific Community in Modern America*, Cambridge, Harvard University Press.
- KING, Alexander (1965), "L'OCDE et la Science", en E. G. Mesthene, ed., *Les ministres et la science*, Paris, OCDE, pp. 17-25.
- KRIGE, John (2006), "Atoms for Peace, Scientific Internationalism, and Scientific Intelligence", en J. Krige y K. H. Barth, eds., *Global Power Knowledge. Science and Technology in International Affairs*, Osiris 21, Chicago, University of Chicago Press, pp. 161-181.
- KRIGE, John (2008), *American Hegemony and the Postwar Reconstruction of Science in Europe*, Cambridge-Mass., The MIT Press.
- LE RENARD, Claire (2017), "Les débuts du programme électronucléaire français (1945-1974): de l'exploratoire à l'industriel", *Hérodote*, 165/2, pp. 53-66.
- LEIMBGRUBER, Matthieu y SCHMELTZER, Matthias, eds. (2017), *The OECD and the International Political Economy Since 1948*, New York, Palgrave Macmillan.
- MARTÍNEZ TEN, Carmen (2008), "El Consejo de Seguridad Nuclear y la Agencia de Energía Nuclear", *Economía industrial*, 369, pp. 111-121.
- MENÉNDEZ-NAVARRO, Alfredo y SÁNCHEZ VÁZQUEZ, Luis (2013), "La protección radiológica en la industria nuclear española durante el franquismo, 1939-1975", *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 20/03, pp. 797-812.
- MILLER, Clark A. (2006), "'An Effective Instrument of Peace'. Scientific Cooperation as an Instrument of U.S. Foreign Policy, 1938-1950", en J. Krige y K. H. Barth, eds., *Global Power Knowledge. Science and Technology in International Affairs*, Osiris 21, Chicago, University of Chicago Press, pp. 133-160.

MIRANDA, José Antonio (2004), "La Comisión Nacional de Productividad Industrial y la «americanización» de la industria del calzado en España", *Revista de Historia Económica*, 22/3, pp. 638-646.

MUNS, Joaquim y MILLET, Montserrat (1994), *España y el Banco Mundial. Relaciones 1958-1994*, Madrid, Mundi Prensa.

OCDE (1964), *Rapports par pays sur l'organisation de la recherche scientifique. Espagne*, Paris, OCDE.

O'DRISCOLL, Mervyn, LAKE, Gordon y LODGE, Juliet. (2002), "The origins and early history of Euratom, 1955-1968", en *The European Parliament and the Euratom Treaty: past, present and future*, Luxembourg, European Parliament, pp. 1-44.

OECD (1968), *Science and development. National reports of the pilot-teams. Spain*, Paris, OECD.

OECD (1971), *Reviews of National Science Policy. Spain*, Paris, OECD.

OECD (2023), *Post-Fukushima Action Implementation at Nuclear Installations. Human and Organisational Factors Lessons Learnt*, Boulogne-Billancourt, OECD.

OSGOOD, Kenneth (2006), *Total Cold War: Eisenhower's Secret Propaganda Battle at Home and Abroad*, Lawrence, University of Kansas Press.

PÉREZ FERNÁNDEZ-TURÉGANO, Carlos (2016), *José María Otero Navascués. Un marino comprometido con el desarrollo Nuclear de España*, Madrid, Sociedad Nuclear Española.

PRESAS i PUIG, Albert (2000), "La correspondencia entre José María Otero Navascués y Karl Wirtz, un episodio de las relaciones internacionales de la Junta de Energía Nuclear", *Arbor*, 659-660, pp. 527-601.

PRESAS i PUIG, Albert (2005), "Science on the periphery. The Spanish reception of nuclear energy: An attempt at modernity?", *Minerva*, 43/2, pp. 197-218.

PRESIDENCIA DEL GOBIERNO (1967), *Investigación científica y técnica. II Plan de Desarrollo Económico y Social: 1968-1971*, Madrid, Imprenta Nacional del B.O.E.

PRESIDENCIA DEL GOBIERNO (1972), *III Plan de Desarrollo Económico y Social. Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico 1972-1975*, Madrid, Presidencia del Gobierno.

REDONET MAURA, José L. (1957), "Influencia de las cargas financieras en el precio de coste de la energía nuclear", *Energía Nuclear*, 3, pp. 39-44.

ROMERO DE PABLOS, Ana (2018), "Prensa y tecnología en la España de Franco: del secreto a la política atómica pública", *Dynamis*, 38/1, pp. 189-218.

ROMERO DE PABLOS, Ana (2019), *Las primeras centrales nucleares españolas. Actores, políticas y tecnologías*, Madrid, Sociedad Nuclear Española.

ROMERO DE PABLOS, Ana y SÁNCHEZ RON, José Manuel (2001), *Energía nuclear en España: de la JEN al CIEMAT*, Madrid, CIEMAT.

ROQUÉ, Xavier (2012), "España en el CERN (1961-1969), o el fracaso de la física autárquica", en N. Herrán y X. Roqué, eds., *La física en la dictadura. Físicos, cultura y poder en España 1939-1975*, Barcelona, Universitat Autònoma de Barcelona, pp. 239-258.

RUBIO-VARAS, Mar y DE LA TORRE, Joseba, eds. (2017), *The History of Nuclear Energy in Spain. Governance, Business and Finance*, London, Palgrave Macmillan.

RUBIO-VARAS, M^a. del Mar y DE LA TORRE, Joseba (2018), "American Nuclear Training: científicos, ingenieros y empresarios españoles en los Estados Unidos del desarrollo atómico", en L. Camprubí, X. Roqué, y F. Sáez de Adana, eds., *De la Guerra Fría al calentamiento global. Estados Unidos, España y el nuevo orden científico mundial*, Madrid, Catarata, pp. 85-109.

SALOMON, Jean-Jacques (1965), "Les organisations scientifiques internationales", en E. G. Mesthene, ed., *Les ministres et la science*, Paris, OCDE, 1965, pp. 63-90.

SÁNCHEZ, Esther M. y LÓPEZ, Santiago M. (2021), *Historia del uranio en España. De la minería a la fabricación de combustible nuclear*, c. 1900-1986, Madrid, Sociedad Nuclear Española.

SÁNCHEZ LISSEN, Rocío y SANZ DÍAZ, María Teresa (2019), "El Plan de Estabilización español de 1959: Juan Sarda Dexeus y la economía social de mercado", *Investigaciones de Historia Económica*, 11/1, pp. 10-19.

SCHMELTZER, Matthias (2016), *The Hegemony of Growth: The OECD and the Making of the Economic Growth*, Cambridge, Cambridge University Press.

UNESCO (1954), *European Co-operation in Nuclear Research*, París, UNESCO.

VARELA PARACHE, Manuel (1994), *El Fondo Monetario Internacional, el Banco Mundial y la economía española*, Madrid, Ediciones Pirámide.

WALKER, J. Samuel y WELLOCK, Thomas R. (2010), *A Short History of Nuclear Regulation, 1946–2009*, Washington D.C., U.S. Nuclear Regulatory Commission.

WOLFF, Jean-Marc (1996), *EUROCHEMIC (1956-1990)*, Paris, NEA-OECD.

WOODWARD, Richard (2009), *The Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD)*, London y New York, Routledge.

Capítulo 1.3 España y Euratom

MAR RUBIO-VARAS Y JOSEBA DE LA TORRE

«Hay que tener en cuenta que en casi todos los casos hemos partido de cero tratándose de ciencias y técnicas totalmente exóticas en nuestro país, pero que con los medios puestos en juego se ha logrado dar carta de naturaleza, siendo nuestros técnicos considerados y respetados en todo el mundo, como lo demuestra los puestos relevantes que van conquistando en los distintos organismos internacionales de Energía Nuclear».

José M.ª Otero Navascués (1962)

Mientras que las Agencias nucleares de la ONU y la OECE/OCDE nacieron a posteriori de la organización matriz, la Comunidad Europea de la Energía Atómica (Euratom) nació ya como parte de los Tratados de Roma en 1957 que dieron luz a las Comunidades Europeas, y con sus mismos miembros originales (Bélgica, Francia, Alemania Occidental, Italia, Luxemburgo y los Países Bajos).

A diferencia del Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) y de la Agencia Europea de la Energía Nuclear (AEN), en cuyas discusiones nucleares intervendría España como uno más antes de 1959, la participación formal en Euratom hubo de esperar hasta la integración en la Comunidad Económica Europea en 1986. Ello no quiere decir que no existieran otro tipo de vínculos y de acceso desde Madrid a lo que ocurría en Euratom antes de esa fecha.

En su devenir histórico, Euratom se verá afectada por las crisis y ampliaciones de su organización matriz con mucha más virulencia que los otros organismos internacionales dedicados a la energía atómica. En este capítulo presentamos primero la constitución de Euratom y sus dificultades internas anteriores a la adhesión española, para después adentrarnos en las relaciones de Euratom con España.

1.3.1. El Tratado de Euratom y sus dificultades para cumplir la misión original

Las negociaciones que precedieron al establecimiento de la Comunidad Europea de la Energía Atómica (EAEC o Euratom) fueron largas y difíciles, en parte por los diferentes intereses nacionales sobre este asunto¹³¹.

En noviembre de 1956, los Jefes de Delegación de los seis países asistentes a la Conferencia Intergubernamental sobre el Mercado Común y Euratom encargaron a Louis Armand, presidente de los Ferrocarriles Franceses

¹³¹ Buena parte de esta sección deriva de los documentos recogidos sobre Euratom por Deschamps (2016). Además, una discusión más detallada del proceso de negociación puede encontrarse en un documento técnico preparado para el Parlamento Europeo: O'Driscoll et al. (2002).

Las siguientes obras ofrecen visiones contemporáneas, desde diferentes perspectivas, sobre la creación de Euratom: Polach (1964), Pirotte et al. (1988), Kramer (1970) y Sodersten (2018).

(SNCF), Franz Etzel, vicepresidente de la Alta Autoridad de la Unión Europea del Carbón y del Acero (CECA), y Francesco Giordani, ex presidente del Comité Nacional de Investigación Nuclear (CNRN), en representación, respectivamente, de Francia, Alemania e Italia, la elaboración de un informe sobre cómo Europa podría utilizar la energía nuclear para satisfacer sus crecientes necesidades energéticas.

En el transcurso de los meses siguientes, el Comité de los Tres Sabios (Three Wise Men, en inglés) se reunió con representantes del gobierno y la industria responsables de los temas de energía atómica en los seis países miembros. También mantuvo contacto con los participantes en la Conferencia Intergubernamental de Val Duchesse¹³². Simultáneamente, por invitación de los gobiernos de Estados Unidos, Reino Unido y Canadá, los Tres Sabios llevaron a cabo misiones de investigación sobre el trabajo y las lecciones aprendidas en estos tres países. Por último, enviaron numerosas preguntas a las Comisiones de Energía Atómica de Estados Unidos y Reino Unido, que proporcionaron datos técnicos sobre sus respectivos reactores.

El informe de los Tres Sabios se publicó en mayo de 1957, cuando el Tratado de Euratom ya llevaba dos meses aprobado —se firmó en Roma el 25 de marzo de 1957, al mismo tiempo que el Tratado constitutivo de la Comunidad Económica Europea (CEE)—, pero antes de su publicación ya se habían sentado las bases de lo que debía ser ese organismo¹³³. El informe indicaba que Euratom promovería la movilización de los recursos técnicos e industriales necesarios para desarrollar la capacidad energética de los seis fundadores de la CEE. Actuaría como el organismo político mejor situado para proporcionar las garantías necesarias y concluir con el Gobierno de Estados Unidos acuerdos específicos sobre el intercambio de datos y combustible fisionable. También se hacía hincapié en la dependencia europea de los suministros de petróleo de Oriente Medio. Los Seis representaban solo el 15% de la producción mundial de energía. Por consiguiente, había que evitar que el petróleo se utilizara como medio de ejercer presión internacional. Además, se pronosticaba que las importaciones de energía a Europa se duplicarían o incluso triplicarían en un futuro. Considerando que el coste de la energía actuaría como un freno al crecimiento económico y a la mejora del nivel de vida en Europa, el Comité fijó el año 1960 como objetivo a partir del cual las importaciones de combustibles convencionales deberían dejar de aumentar. Por lo tanto, recomendó que las centrales nucleares con una potencia nominal total de 15 GW se construyeran lo más rápido posible, con miras a la sustitución gradual de las instalaciones que funcionaban con carbón y petróleo. La revista *Energía Nuclear*, que la Junta de Energía Nuclear (JEN) comenzó a publicar, con periodicidad trimestral, en marzo de 1957, ya hacía referencia al informe de los Tres Sabios en su número de julio de ese mismo año, y lo seguiría utilizando en los números inmediatamente posteriores¹³⁴.

El enfoque adoptado en la creación de Euratom fue similar al que había guiado la creación de la CECA, es decir, la integración por sectores, involucrando en este caso a la industria de la energía nuclear, en contraposición a la integración económica integral que se buscaba a través de la CEE. El Tratado constitutivo de Euratom, con sus 225 artículos y cinco anexos, preveía el mismo patrón institucional que los tratados de la CECA y la CEE, con una Asamblea, un Consejo, una Comisión y un Tribunal de Justicia¹³⁵. La Asamblea y un Comité Económico y

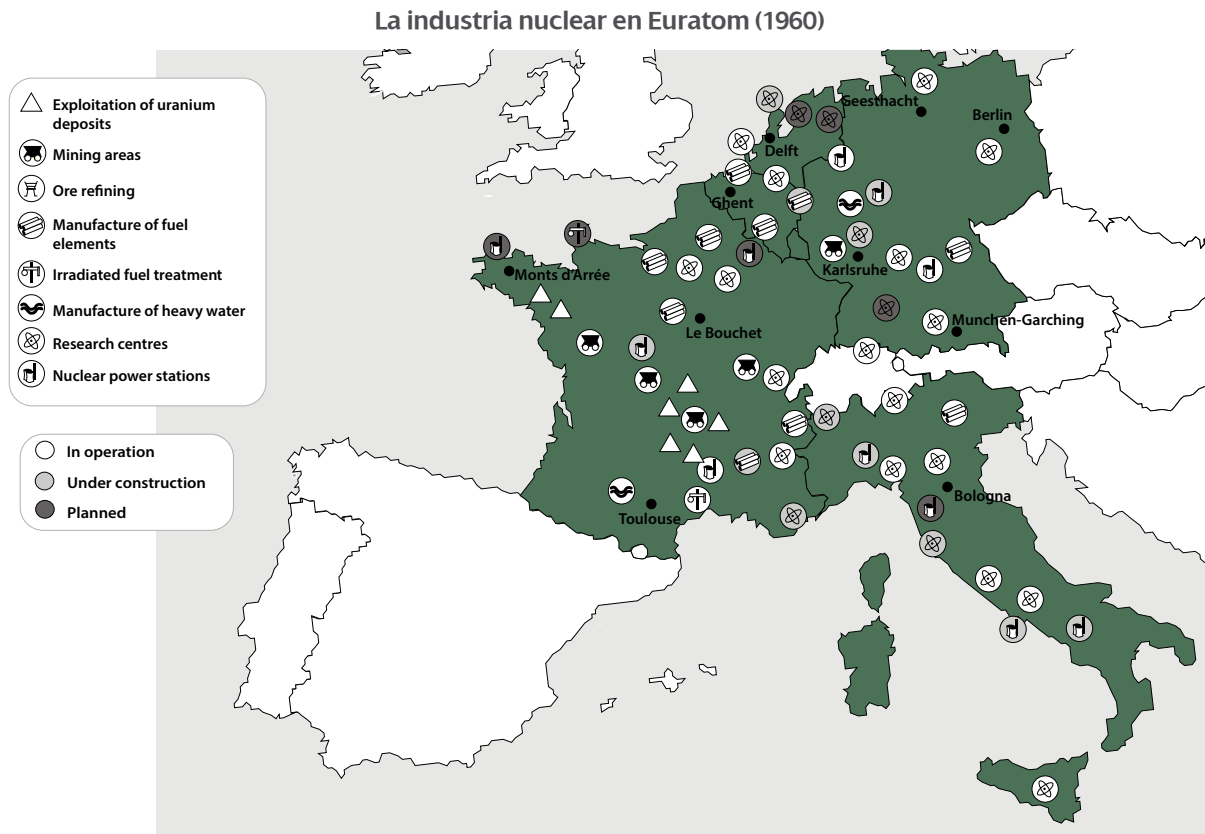
¹³² La fase de redacción de los tratados comunitarios se llevó a cabo el Château de Val Duchesse (Bélgica), con la presencia de los Ministros de Asuntos Exteriores de los seis Estados miembros, bajo la presidencia del belga Paul-Henri Spaak.

¹³³ Armand et al. (1957).

¹³⁴ Redonet (1957).

¹³⁵ Euratom (1957), *Treaty of the Constitution of the European Atomic Community*, disponible en : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:11957A/TXT&from=EN>

Social (CES) serían instituciones compartidas por la CEE y Euratom. Sin embargo, la misión específica conferida a este último organismo dictaba que los poderes de sus instituciones debían diferir en alcance de los de los órganos de la CEE. Las negociaciones, y posteriormente el Tratado de Euratom, se concentraron en ocho actividades clave: (1) promover la investigación, (2) garantizar la difusión de información técnica, (3) proteger la salud, (4) facilitar las inversiones y empresas conjuntas, (5) salvaguardar el suministro de materiales fisibles, (6) garantizar la seguridad, (7) supervisar el mercado común de la energía nuclear, y (8) las relaciones exteriores.



Fuente: Research Infrastructure for European integration studies (CVCE.eu).

La misión de Euratom, en consecuencia, se centraba en contribuir a la formación y al desarrollo de las industrias nucleares de Europa, ayudar a mejorar el nivel de vida en los Estados miembros y promover el desarrollo del comercio con otros países. Sus responsabilidades se limitaban estrictamente a las aplicaciones civiles de la energía nuclear. La idea del Tratado —firmado por una duración ilimitada, a diferencia del de la CECA que tenía una vigencia de 50 años— buscaba permitir a los Estados miembros, además de cooperar estrechamente

con Estados Unidos, embarcarse juntos en la producción de energía de origen nuclear, controlar todo el ciclo industrial (incluidas la investigación, la formación y la producción), asegurar el suministro de uranio natural y materiales fisibles especiales, y sentar las bases de la vital tarea de supervisión de este sector tan especialmente sensible.

El Tratado de Euratom delegaba la política de abastecimiento integrado en una Agencia Europea de Suministro (Euratom Supply Agency, ESA por sus siglas en inglés), un organismo público independiente con personalidad jurídica y autonomía financiera, aunque operaría bajo la supervisión de la Comisión¹³⁶. Para cumplir sus funciones, se le otorgó un derecho de opción sobre los minerales, los materiales básicos (uranio) y los materiales fisibles especiales (incluido el plutonio) producidos en los territorios de los Estados miembros, así como un derecho exclusivo para concluir contratos de suministro dentro o fuera de la Comunidad¹³⁷. Monopolizar y controlar el destino final de estos productos era la manera de asegurar la no proliferación y otros aspectos ligados a la seguridad, sin los cuales el Gobierno de Estados Unidos se negaría a cooperar de cualquier forma e impondría sus propios controles¹³⁸. El Tratado creó así el marco para un mercado común nuclear que finalmente no llegó a fructificar, entre otras cosas, porque las aspiraciones nacionales estuvieron por encima de la cooperación internacional¹³⁹.

Para llevar a cabo una política estricta de desarrollo de la tecnología nuclear se deberían haber confiado a Euratom mayores poderes supranacionales. Sin embargo, los gobiernos se negaron a otorgar poderes tan amplios, y no se pudo acordar ni siquiera qué tipo de reactor se construiría en la Comunidad¹⁴⁰. El Tratado no preveía ni la puesta en común ni la coordinación de la investigación nuclear (aunque sí investigar con fondos comunes). La duplicación de tareas era inevitable. Además, Euratom no era financieramente independiente, dado que su presupuesto se nutría de las contribuciones nacionales.



¹³⁶ Euratom Supply Agency (2021)

¹³⁷ El monopolio en el suministro de materiales fisibles fue una de las batallas más arduas de la negociación entre Francia (que apoyaba el monopolio absoluto para Euratom) y Alemania (que se oponía). El acuerdo in extremis fue separar la "propiedad" del "uso". La propiedad formal del material fisible especial se confería a la Comunidad, pero los "miembros-Estados, personas o empresas- tendrán derecho ilimitado de uso y consumo" en la mayoría de las circunstancias (Tratado Euratom, 1957, artículo 87). Los obstáculos finales del Tratado fueron despejados casi en el momento de la firma. O'Driscoll et al. (2002), p. 49.

¹³⁸ O'Driscoll et al. (2002).

¹³⁹ Así lo reconocía en 1968 el Secretario General de la Comisión cuando decía: *"Member States have reserved finance for their own industries, and orders from public institutions have been placed with national companies. Orders from electricity producers, too, have gone to national construction companies. The development of the nuclear industries within the Community have thus not benefited from the suppression of border tariffs and quotas which followed the EURATOM Treaty. This sequence of events has led to the present crisis, which is not only the crisis of EURATOM, but is a crisis in the development of the nuclear sector"*. Secretary General of the European Commission (1968, p. 5), la cita completa también se encuentra en Guzzetti (1995).

¹⁴⁰ El 22 de septiembre de 1964, Mario Pedini, miembro de la Comisión parlamentaria de Energía, presentó ante el Parlamento Europeo una moción para desactivar la "guerra de los reactores nucleares" que enfrentaba a los defensores del uranio natural con los que prefieren el uranio enriquecido. Debates del Parlamento Europeo (1964).

Alemania Federal se opuso a que la ESA interviniera en el suministro de materiales fisibles y se negó a pagar los precios impuestos por Euratom, que eran considerablemente más altos que los precios del mercado mundial. También Francia, a partir de 1964, comenzó a celebrar acuerdos externos con terceros países para el suministro de combustible nuclear sin el permiso de Euratom¹⁴¹. El entorno económico mundial tampoco favoreció la labor de este organismo. El temor a una escasez generalizada de productos petrolíferos disminuyó después de la crisis de Suez y, gradualmente, Euratom pasó a ser una prioridad menor. Como señalaba el jefe de la delegación española en Bruselas “gracias en parte a la actitud francesa, Euratom se ha convertido poco a poco en un organismo mucho menos supranacional que lo previsto al tiempo de su fundación”¹⁴². Dicho de otro modo, la institución paulatinamente se transformó en un organismo de cooperación intergubernamental¹⁴³. En particular, la cooperación se centró en dos campos: las salvaguardias y la investigación nuclear. Veamos brevemente estos aspectos.

Salvaguardias

El Tratado de Euratom (y en particular su capítulo III) no otorgaba originalmente competencia alguna a la Comunidad Europea de la Energía Atómica sobre la seguridad tecnológica nuclear (*safety*) de los reactores u otras instalaciones nucleares; en principio, su tarea estaba circunscrita a la protección nuclear (*security*)¹⁴⁴.

Así, se preveía el establecimiento de normas básicas de seguridad (es decir, dosis máximas/límites de exposición) para los trabajadores y para el público en general contra los peligros de las radiaciones ionizantes; también el intercambio de información entre los Estados miembros (y la Comisión) en caso de una emergencia radiológica como la de un reactor nuclear; y, por último, el establecimiento de niveles máximos permitidos de radiactividad por contaminación de alimentos en caso de accidente¹⁴⁵.

Euratom, por tanto, no tenía nada que decir sobre las normas a aplicar en el diseño, construcción u operación de reactores nucleares. Lo que sí establecía era un sistema de salvaguardias y de inspecciones para prevenir o detectar la posible desviación de “materiales fisionables especiales” (esto es, plutonio 239, uranio 233 y uranio 235) de su “uso declarado”. En otras palabras, controlaba que los materiales fisionables del ciclo del combustible nuclear civil no se destinasen a la fabricación encubierta de armas nucleares.

El sistema de salvaguardias de Euratom se describe con detalle en el capítulo V del Tratado. El trabajo de los inspectores consiste, esencialmente, en monitorizar y controlar el flujo de “materiales fisionables especiales” en reactores, plantas de reprocesamiento, plantas de enriquecimiento y/o instalaciones de fabricación de combustible.

¹⁴¹ O'Driscoll et al. (2002), p. 30.

¹⁴² “Forma actual del Euratom”, carta del Conde de Casa Miranda, Embajador en Bruselas, al Ministro de Asuntos Exteriores, Bruselas, 24/2/1962, Archivo General de la Administración (en adelante AGA)-Industria, caja 71/4046. Agradecidos a Esther Sánchez-Sánchez por las gestiones con el AGA sobre este material.

¹⁴³ Deschamps (2016).

¹⁴⁴ Para la distinción entre seguridad tecnológica nuclear (*safety*) y protección nuclear (*security*), véanse las definiciones en el Diccionario Nuclear de la SNE:

<https://www.sne.es/diccionario-nuclear/seguridad-nuclear-rev-1/> y <https://www.sne.es/diccionario-nuclear/proteccion-nuclear/>

¹⁴⁵ O'Driscoll et al. (2002), p. 30.

Al amparo del Tratado de Euratom, se han sucedido diversas iniciativas en el ámbito de la seguridad tecnológica nuclear (*safety*), inicialmente por el interés propio posterior al accidente de Chernóbil, y después debido a la cuestión de la ampliación al Este de la Unión Europea (UE). Aunque las competencias en seguridad nuclear conciernen fundamentalmente a los Estados miembros, ello no impide a la UE emitir legislación sobre esta materia, según la Resolución del Tribunal de Justicia de las Comunidades Europeas, sentencia de 10 de diciembre de 2002.

Más tarde, la Directiva 2009/71, de 25 de junio, estableció un marco comunitario para mejorar la seguridad de las instalaciones nucleares. Obligó a los Estados miembros a someterse, cada diez años, a una revisión internacional por parte de las autoridades reguladoras competentes, cuyos resultados debían ser comunicados a los Gobiernos nacionales y a la Comisión. Además, cada seis años, los diversos países debían determinar, a través de sus autoridades reguladoras, una metodología, un mandato y un calendario para la revisión por homólogos de un tema técnico específico común relacionado con la seguridad nuclear de sus instalaciones¹⁴⁶. Estos dos tipos de revisión complementarios facilitan el control supranacional tanto de la infraestructura reguladora nacional como de las prácticas específicas en el ámbito de la seguridad nuclear.

Todo ello se realizó cuando España formaba ya parte de Euratom, por lo que retomaremos el tema más adelante.

Los primeros programas de investigación

En el plan original se suponía que Euratom desarrollaría, a través del Joint Nuclear Research Centre (JNRC) previsto en el Tratado, una política de investigación propia para establecer capacidad e independencia respecto a Estados Unidos. De esta forma, controlaría las patentes y las licencias de producción de una serie de diseños de reactores y tecnologías del ciclo del combustible.

El primer programa marco de investigación de Euratom (1958-1962) se concentró en fijar, equipar, dotar de personal y organizar el JNRC. El Anexo V del Tratado detalla los temas que se abordarían dentro de esta investigación inicial: laboratorios generales (de química, física, electrónica y metalurgia), laboratorios especiales (fusión nuclear, separación de isótopos distintos del uranio 235, prospección, mineralogía, radiobiología), así como una oficina de estándares especializada en mediciones nucleares y equipada con su propio reactor experimental. Además, el JNRC debía organizar el intercambio de información a gran escala y los cursos de formación, y "tener a su disposición" un reactor de alto flujo de neutrones rápidos.

Los retrasos en el establecimiento del JNRC hicieron que finalmente se crearan laboratorios en distintos enclaves, en algunos casos mediante la europeización de un centro nacional de investigación ya existente. Fueron los casos de, por ejemplo, Ispra en el norte de Italia y Petten en los Países Bajos¹⁴⁷.

El JNRC fue fundamental para el programa propio de investigación de Euratom. En la década de 1960 se amplió para incluir los centros de investigación de Geel (Bélgica) y Karlsruhe (Alemania), que se sumaron a los mencionados de Ispra y Petten. Ispra se convirtió en el más importante centro de investigación del JNRC, concentrándose en el principal proyecto de Euratom, el ORGEL (del francés ORGanique Eau Lourde). Estaba

¹⁴⁶ Véase Recarte (2008). La primera revisión temática se efectuó en 2017 y contó con participación española. Mendoza (2020), <https://www.csn.es/documents/10182/13557/Alfa+43/407f2161-47d8-4937-0053-f1825e4fa39f>

¹⁴⁷ O'Driscoll et al. (2002), pp. 64-65

dedicado al desarrollo de una segunda generación europea experimental de reactores nucleares moderados por agua pesada, enfriados con líquido orgánico y usando uranio natural como material fisionable. Con ORGEL se aspiraba a diseñar en Europa un reactor nuclear que sucediese al modelo LWR estadounidense¹⁴⁸. Pero los intereses nacionales también prevalecieron en los asuntos de investigación. De acuerdo con un observador norteamericano, “la rivalidad entre Euratom y los programas nacionales de tecnología nuclear apareció en una etapa temprana y desde entonces ha afectado al programa de Euratom. Los estados miembros parecen haber actuado sobre el principio de que un esfuerzo nacional de desarrollo nuclear debe necesariamente preceder o acompañar a la cooperación tecnológica multinacional en Europa”¹⁴⁹.

Estos problemas iniciales hicieron que el segundo programa quinquenal de investigación (1963-1967) se convirtiera, de hecho, en la implementación real del primer programa, ya que algunas de las actividades originales no se pusieron realmente en marcha hasta 1962. Las áreas de investigación siguieron siendo esencialmente las mismas, aunque un porcentaje mayor del presupuesto (alrededor del 50%) se gastaría por “medios directos”, es decir, por el JNRC, que se encontraba ya en funcionamiento en sus diversas ubicaciones. El programa de investigación centraba sus esfuerzos en el reactor ORGEL, así como en los reactores de alta temperatura refrigerados por gas, los reactores de neutrones rápidos y los reactores termónucleares de fusión.

El principal problema fue que el proyecto “insignia” ORGEL del JNRC fue abandonado formalmente en junio de 1969, cuando acabó por reconocerse que, simplemente, no había interés comercial en este tipo de reactor¹⁵⁰. La cancelación del proyecto supuso cambios importantes (el JNRC pasó a llamarse JRC —en español, Centro Común de Investigación— para jugar un papel central en la elaboración de la política comunitaria de Ciencia y Tecnología, con una estructura de gestión más independiente), y a la vez retrasó la entrada en vigor del tercer plan de investigación de Euratom. Así, el segundo programa quinquenal se extendió debido a una serie de decisiones ad-hoc, y el tercero se pospuso en un principio hasta 1968. Los aplazamientos posteriores implicaron que la decisión no se tomase hasta febrero de 1973, cuando el Consejo adoptó un programa de 1973 a 1976. Habría finalmente dos programas quinquenales más de investigación y formación de Euratom: el quinto se desarrolló de 1979 a 1983 y el sexto de 1982 a 1986, enlazando con los programas marco de investigación de la Comisión¹⁵¹.

A lo largo de la década de 1970 y principios de la de 1980, cada programa de investigación tenía que ser aprobado por unanimidad por el Consejo, ya fuera sobre la base del artículo 7 Euratom, ya sobre la del (entonces) artículo 235 CEE. Es importante señalar que el Tratado de la CEE de 1957 no contenía disposiciones explícitas para el fomento de la investigación, si bien sirvió para establecer, como punto de partida de la investigación comunitaria, la investigación nuclear, y generó el marco general dentro del cual se construiría la posterior política de investigación comunitaria: los programas marcos quinquenales¹⁵².

Cuando la Comisión Europea lanzó su primer programa marco en 1984, en un intento de dar coherencia a las dispares actividades comunitarias de I+D, la investigación nuclear respaldada por Euratom se incorporó como un capítulo separado de la financiación comunitaria en cada uno de los programas marco subsiguientes hasta

¹⁴⁸ Nau (1974), pp. 157-183.

¹⁴⁹ Donnelly (1972), pp. 83-84.

¹⁵⁰ O'Driscoll et al. (2002), p. 48.

¹⁵¹ European Commission (1983).

¹⁵² European Union (2017). Una magnífica historia de la política europea de investigación anterior a la puesta en marcha de la Unión Europea (pese al título) se encuentra en Guzzetti (1995).

el tercero (1991-1995). Las transformaciones y crecimiento de la CEE, y su transmutación en Unión Europea, implicaron que a partir del cuarto programa marco (1994-1998) las decisiones sobre las actividades de investigación y formación a implementar en el sector nuclear requiriesen una acción legislativa separada. En virtud del Tratado de Euratom, ésta se lleva a cabo a través del Programa de Investigación y Formación de Euratom, que se aprueba y publica como acción complementaria a los programas marco de investigación de la UE¹⁵³.

La incorporación de España llegó justo en la mitad del primer programa marco de investigación comunitario (1984-1989).

1.3.2. España y Euratom antes de la adhesión

Desde la creación de Euratom, la JEN estuvo interesada en establecer relaciones directas. A partir de 1957 se exploraron varias posibilidades de colaboración, con resultados inicialmente negativos para España¹⁵⁴. Aun así, la agencia española insistió y en mayo de 1961 consiguió que el director general de Investigación y Desarrollo, Dr. Guérom, junto al jefe del proyecto ORGEL, visitaran España¹⁵⁵. En lo puramente técnico el ORGEL de Euratom y el DON de la JEN compartían el mismo concepto de reactor (moderado por agua pesada y refrigerado por líquido orgánico). Ambos proyectos establecieron un programa de colaboración que preveía reuniones bilaterales de técnicos, colaboración que debía quedar al margen de “el aspecto puramente político de las relaciones con la Comunidad Europea”¹⁵⁶. A la JEN le bastaba con lo técnico. El Secretario General Técnico, Francisco Pascual, viajó a Bruselas en abril de 1962, “con carácter oficioso”, para explorar la posibilidad de que algunos investigadores españoles pudieran trabajar en las instalaciones de Euratom¹⁵⁷.

Los avances en investigación en el seno de Euratom y la creación de los centros de investigación del JNRC se difundían en España a través de la revista *Energía Nuclear*. De hecho, en todos y cada uno de sus números, desde 1960 en adelante, aparece al menos referenciado una vez Euratom. En la mayoría de los casos, se trata de información de segunda mano (traducciones de informes hechos públicos o artículos de revistas nucleares de los países miembros, pero también del Reino Unido o Estados Unidos). El objetivo era informar de los avances científicos y legislativos y los acuerdos internacionales y comerciales de un organismo que, aunque no se participase directamente en él, tenía importancia para el sector nuclear español. Esta ausencia formal no implicaba que los españoles estuvieran enteramente al margen de los avances de Euratom.

Mientras, los ecos de las negociaciones, tensiones y problemas en el seno de Euratom también llegaban a Madrid a través de los informes de la Embajada de España en Bruselas¹⁵⁸. Desde la JEN, se observaba como poco a poco la función de los científicos lograba superar en importancia a la de los decisores políticos, convirtiendo

¹⁵³ European Union (2017).

¹⁵⁴ Carta del presidente de la JEN al Ministro de Industria, 8/2/1962. AGA-Industria, caja 71/4046.

¹⁵⁵ Ibidem.

¹⁵⁶ Ibidem. Por la parte comunitaria, BAC-118/1986_1621 Contacts entre EURATOM et l'Espagne pour une collaboration technique dans les recherches sur les réacteurs à eau lourde de type ORGEL, Documents from 1960 to 1967, EUI Historical Archives of the European Union.

¹⁵⁷ Carta del vicepresidente de la JEN al director general de Organismos Internacionales del Ministerio de Asuntos Exteriores, 30/3/1962. AGA-Industria, caja 71/4046.

¹⁵⁸ Carta del Conde de Casa Miranda, Embajador en Bruselas, al Ministro de Asuntos Exteriores sobre los problemas de la aprobación del presupuesto de Euratom 1964, Organismos Internacionales, N° 659. AGA-Industria, caja 71/4046.

a Euratom “en un organismo de investigación científica y no en un organismo político de cooperación europea”¹⁵⁹, circunstancia que se percibía como favorable a los intereses españoles. Los restantes países consideraban la aportación científica española como valiosa. No en vano acababan de elegir al presidente de la JEN, José M^a Otero Navascués, como presidente de la Agencia Europea de la Energía Nuclear de la OECD¹⁶⁰.

La negativa de la CEE de aceptar la solicitud de España como socio mientras siguiera siendo una dictadura mantuvo al país al margen de las instituciones europeas¹⁶¹. Ello no impidió una presencia constante de expertos españoles en la túpida red de organismos y agencias europeos desarrollados alrededor del átomo. De hecho, sin pertenecer a Euratom, las instalaciones de la planta-piloto de la JEN en Moncloa fueron utilizadas, entre 1970 y 1975, para el reprocesado de uranio enriquecido procedente del reactor suizo Saphir y de Eurochemic, y que era de origen estadounidense. Este asunto es trascendente porque los acuerdos entre la Atomic Energy Commission (AEC) norteamericana y la JEN acabaron indirectamente implicando a un país no socio



El Conde de Casa Miranda, Embajador de España en Bélgica y Jefe de la Misión de España cerca de la CEE, hace entrega de sus cartas credenciales a Walter Hallstein, presidente de la Comisión de la CEE, Bruselas, 9 de diciembre de 1960.

Fuente: *Research Infrastructure for European integration studies (CVCE.eu).*

¹⁵⁹ “Forma actual del Euratom”, carta del Conde de Casa Miranda, Embajador en Bruselas, al Ministro de Asuntos Exteriores, Bruselas, 24/2/1962. AGA-Industria, caja 71/4046.

¹⁶⁰ “Forma actual del Euratom”, carta del Conde de Casa Miranda, Embajador en Bruselas, al Ministro de Asuntos Exteriores, Bruselas, 24/2/1962, doc. cit.

¹⁶¹ Representación Permanente de España ante la UE, Precedentes Históricos. Disponible en <https://es-ue.org/historia/>

en las necesidades de Euratom. Estado Unidos autorizaba ese tipo de operaciones para el uranio consumido en España, pero no para el irradiado en terceros países. Dado que el uso no iba a ser comercial, la Nuclear Regulatory Commission (NRC) de Estados Unidos accedió finalmente a esa petición española que facilitaba la colaboración entre europeos¹⁶².

Las únicas concesiones comunitarias previas a la adhesión formal de España fueron el Tratado Preferencial de Comercio de 1970, y el Acuerdo de Cooperación en fusión nuclear firmado con Euratom en julio de 1980¹⁶³. Para entonces, la España democrática había solicitado formalmente la adhesión a las Comunidades Europeas y se habían entablado negociaciones¹⁶⁴. El acuerdo de cooperación en fusión nuclear enlazaba con el programa español de investigación en el campo de la fusión controlada, especialmente en lo relativo al confinamiento magnético, con el recién nacido proyecto JET (Joint European Torus). Se trataba de un proyecto lanzado en 1979 que reunía a once naciones (Bélgica, Italia, Luxemburgo, Francia, Países Bajos, Alemania Occidental, Dinamarca, Irlanda, Suecia, Suiza y el Reino Unido). Con sede en el Culham Centre for Fusion Energy-CCFE (sur de Inglaterra), ha albergado la instalación central de investigación del Programa Europeo de Fusión, y ha sido calificado como “el experimento de fusión más grande y exitoso del mundo”¹⁶⁵. Según Paul-Henri Rebut, director del JET entre 1985 y 1992, “JET es el modelo físico de ITER y, sin los resultados obtenidos, ITER no hubiera sido posible”. El acuerdo España-Euratom permitía, por tres años, el intercambio de científicos y creaba un comité mixto (“Euratom-Spain Fusion Committee”) con presidencia alterna¹⁶⁶. La colaboración fue exitosa y, en 1983, los representantes españoles propusieron la prórroga del acuerdo por otros tres años¹⁶⁷. Para entonces, España ya era miembro de pleno derecho de las Comunidades Europeas (y por ende de Euratom).

Las negociaciones de adhesión se vieron complicadas por el proceso de reformas en el interior de la Comunidad que se llevó a cabo en los primeros años 1980. No obstante, en el caso de Euratom, la Comunidad consideró desde las primeras rondas de negociaciones que la entrada de España no debería plantear dificultades particulares¹⁶⁸. De hecho, de los 16 capítulos que constituyeron la negociación con la CEE, el de Euratom fue uno de los seis primeros en conseguir acuerdo ya en 1982¹⁶⁹. Y pudo haber sido antes de no ser por la pretensión de la Comunidad de que España se comprometiera, paralelamente, a firmar el Tratado de No Proliferación Nuclear (TNP), firma a la que España se resistía. Su argumento radicaba en que el capítulo

¹⁶² Memorandum from the Office of International Programs, U.S. National Archives- Records of the NRC.

¹⁶³ European Commission (1980).

¹⁶⁴ La solicitud de adhesión de España a la Comunidad Europea de la Energía Atómica (EAEC o Euratom), la hizo el 26 de julio de 1977 Adolfo Suárez, presidente del Gobierno español, dirigida a Henri Simonet, presidente en ejercicio del Consejo de las Comunidades Europeas. La literatura sobre la integración española a la CEE es muy espartana en lo referido a Euratom. Para los interesados en el proceso de integración en su conjunto, véanse Trouvé (2008), Moreno Juste y López Gómez (2014) o Guirao (2021), entre otros.

¹⁶⁵ <https://euro-fusion.org/devices/jet/jet-history/>

¹⁶⁶ El físico Francisco Verdaguer Hernández sería quien ocupara la presidencia de turno por parte de España, *Energía Nuclear* (1982), 140, p. 454.

¹⁶⁷ European Commission (1983).

¹⁶⁸ BAC-250/1980_1213 *Négociations d'adhésion avec l'Espagne concernant le Traité EURATOM*, EUI Historical Archives of the European Union.

¹⁶⁹ González Sánchez (1984). El autor ocupaba entonces el puesto de Consejero de la Embajada en la Misión de España ante las Comunidades Europeas.

XIII de la Ley 25/1964 de Energía Nuclear ya establecía que toda persona jurídica o física quedaba sujeta al cumplimiento de las obligaciones derivadas de los compromisos en materia de salvaguardias nucleares. Esto no satisfacía del todo a los negociadores comunitarios. La fórmula finalmente adoptada fijaba un sistema de control de seguridad equivalente al previsto por el acuerdo 78/164 de Euratom¹⁷⁰, que se plasmó en un compromiso específico firmado por España, Euratom y el OIEA. Quedaban, aun así, cabos sueltos. Si España tuviese que recibir materias nucleares de origen australiano en el marco del acuerdo Euratom-Australia, por ejemplo, éste no contemplaba una situación como la de España (país sin armas nucleares, pero no firmante del TNP). En cualquier caso, se decidió que el reglamento 3227/76 de la Comisión¹⁷¹, que contenía la aplicación de las disposiciones sobre el control de seguridad de Euratom, se aplicaría íntegramente en España desde la adhesión, con independencia de toda adaptación técnica que pudiese serle aportada posteriormente en función del acuerdo trilateral España-Euratom-OIEA¹⁷². Lo único que no quedó resuelto en 1982 fue lo referente a la participación española en la ESA, la Agencia de aprovisionamiento, que se discutió en el capítulo institucional¹⁷³.

1.3.3. España y Euratom tras la adhesión

Desde la firma en Madrid del Tratado de Adhesión a la CEE el 12 de junio de 1985 (en vigor el 1 de enero de 1986), España forma parte de la Comunidad Europea de la Energía Atómica. España llegaba preparada, porque, como hemos visto, su entrada venía gestándose desde años antes, y además el sector nuclear se había mantenido al tanto de todo lo que pasaba en Euratom, aunque no participara en sus decisiones.

Familiarizarse con la toma de decisiones en el seno de Euratom, así como con su alcance jurídico, no resultaba sencillo. No en vano los países nórdicos distribuían a finales de los años 1990 una guía sobre los grupos de trabajo implicados con ese organismo, con una descripción simplificada que ayudara a franquear los vericuetos administrativos¹⁷⁴. Allí se explicaba que, como regla general, los asuntos son aprobados por unanimidad por el Consejo, que puede convocar reuniones específicas sobre energía, investigación, educación, medio ambiente, ministros de relaciones exteriores, etc. Los asuntos de Euratom generalmente se resuelven de antemano. Esto lo hace el “grupo de cuestiones atómicas” (AQG, por sus siglas en inglés), un grupo del Consejo integrado por expertos nacionales de campos relacionados con la cuestión que se trate. Las decisiones jurídicamente vinculantes del Consejo pueden revestir la forma de:

- Reglamento (REG), que es vinculante en todos sus elementos.
- Directiva (DIR), que es vinculante en cuanto a los resultados a lograr.
- Decisión (DEC), vinculante para aquellos a quienes se dirige.

¹⁷⁰ Texto en:

<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/3080ef21-b777-470c-a941-e03f1767a190/language-fr/format-PDFA1B>

¹⁷¹ Texto en:

<https://op.europa.eu/es/publication-detail/-/publication/a563eed9-8461-4440-8895-a04acf64e0cb/language-es>

¹⁷² González Sánchez (1984) p. 489.

¹⁷³ González Sánchez (1984) p. 490.

¹⁷⁴ Marcus (1997).

Pero también existen decisiones no vinculantes, principalmente:

- Resoluciones (RES), por ejemplo para establecer un programa.



Firma del Tratado de Adhesión de España a las Comunidades Europeas (CEE y Euratom) el 12 de junio de 1985 en el Palacio Real de Madrid.

Fuente: Ministerio español de Asuntos Exteriores.

En el Tratado Euratom, se mencionan explícitamente dos comités: el Comité Científico y Técnico (STC, por sus siglas en inglés) (artículo 134) y el Comité de Normas Básicas para la Protección Radiológica, un grupo de expertos en radiación seleccionados por el STC (artículo 31). Los miembros del STC son designados por el Consejo a propuesta de los Estados miembros, pero actúan a título personal y no como representantes nacionales (si bien a un representante nacional le sustituye otro cuando dimite, se retira o fallece durante su mandato). Desde 1988, 15 españoles han sido miembros del STC de Euratom, con una presencia sistemática de entre dos y cuatro miembros. La estancia más larga ha correspondido al doctor ingeniero industrial y catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid (ETSII) D. José María Martínez-Val Peñalosa, que llegó a presidir el STC entre 2002 y 2010. Según el informe anual de 2020, aproximadamente 200 ciudadanos españoles trabajan en todas las ramas de Euratom en la actualidad.

De las tareas que realiza Euratom, tres destacan por su especial influencia en el trabajo no solo del entonces recién creado Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), sino del sector nuclear español en su conjunto. La primera es establecer normas uniformes de seguridad para la protección radiológica de la población y los trabajadores, y hacer cumplir la aplicación de dichas normas. La segunda es establecer los controles adecuados para garantizar que los materiales nucleares se utilicen únicamente para los fines previstos, tarea



De izquierda a derecha, Eduardo González Gómez (primer director técnico y vicepresidente desde 1987 hasta 1995 del CSN, director general de Centrales Nucleares Almaraz-Trillo-CNAT, presidente del Foro Nuclear de 2002 a 2008 y miembro del STC de Euratom de 1988 a 1998) y José López Jiménez (presidente de la Comisión de Publicaciones de la SNE de 2007 a 2011 y miembro del STC de Euratom de 1993 a 1996).



De izquierda a derecha, Rafael Caro Manso (miembro del STC de Euratom, 1997-2003; vocal de la Junta Directiva de la SNE, 1982-1985; presidente de la ENS, 1985-1987; consejero del CSN, 1987-2000 y coordinador del libro *Historia nuclear de España*, SNE 1995), José María Martínez-Val Peñalosa (presidente de la SNE de 1987 a 1989, miembro — de 1997 a 2013— y presidente — de 2002 a 2010— del STC de Euratom) y Emilio Mínguez Torres (miembro del STC de Euratom entre 2012 y 2018 y presidente de la SNE desde 2023).

MIEMBROS ESPAÑOLES EN EL SCIENTIFIC TECHNICAL COMMITTEE

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023				
Eduardo González Gómez																																							
Guillermo Morales Calvo																																							
Julio Montes Ponce de León																																							
Luis del Val Hernández																																							
José López Jiménez																																							
Rafael Caro Manso																																							
Agustín Grau Malonda																																							
José María Martínez-Val Peñalosa																																							
Julio Barceló Bernet																																							
César Dopazo García																																							
Juan Antonio Rubio Rodríguez																																							
Cayetano López Martínez																																							
Emilio Minguez Torres																																							
Carlos Hidalgo Vera																																							
Macarena Liniers-Vázquez																																							

Fuente: elaboración propia en base al *Official Journal of the European Communities*. Agradecemos la colaboración del Departamento de Comunicación, Documentación e Información de la Representación de España en la Comisión Europea, así como la de la Euratom Research, Directorate General for Research and Innovation (DG RTD), a la hora de recopilar esta información.

que se extiende a la seguridad tecnológica nuclear. La tercera es establecer relaciones con otros países y organismos internacionales para promover el avance en los usos pacíficos de la energía nuclear. Finalmente, la financiación por Euratom de la investigación en temas nucleares será otra cuestión de relevancia para el sector nuclear español.

Protección radiológica

En materia de protección radiológica, el nuevo Reglamento español sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes de 1982¹⁷⁵ ya seguía las directrices marcadas desde la Comunidad en cuanto a dosis máximas permitidas¹⁷⁶. Pero es cierto que, cuando se creó el CSN, en 1980, “no había legislación adecuada, así que fueron muchos años de proponer reglamentación en materia de seguridad nuclear y protección

¹⁷⁵ Real Decreto 2519/1982, de 12 de agosto, recogido en *BOE* núm. 241, de 8 de octubre, pp. 27754-27804), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX%3A32020R1158>

¹⁷⁶ Iranzo (1985).

radiológica [...] transponiendo la diversa normativa europea que se ha ido promulgando en forma de reglamentos, directivas y resoluciones”¹⁷⁷.

Tras el accidente de Chernóbil en 1986, el Consejo Europeo creó un grupo específico para la preparación ante emergencias: ECURIE (Intercambio de Información Radiológica Urgente de la Comunidad Europea)¹⁷⁸. Así, se establecieron condiciones para la importación de productos agrícolas originarios de países no pertenecientes a la Unión, y tolerancias máximas de contaminación radiactiva de los alimentos y los piensos tras un accidente nuclear o cualquier otro caso de emergencia radiológica¹⁷⁹. Las normas básicas de seguridad actuales están recogidas en la Directiva sobre normas básicas de seguridad (DIR 2013/59/Euratom), que reforzó los requisitos de preparación y respuesta ante emergencias para tener en cuenta las lecciones aprendidas del accidente de Fukushima¹⁸⁰. Dicha Directiva estableció normas básicas de seguridad uniformes para la protección de la salud de los trabajadores, la población y los pacientes. A su vez, sirvió para simplificar la legislación de la Unión, ya que reemplazó cinco directivas, al tiempo que introdujo requisitos vinculantes en relación con la protección frente al radón en recintos cerrados, el uso de materiales de construcción y el impacto ambiental de las evacuaciones de efluentes radiactivos en instalaciones nucleares¹⁸¹.

Con el paso de los años, más aspectos nucleares se han visto regulados específicamente en el marco comunitario: el transporte de sustancias y residuos radiactivos (DIR 2006/117/Euratom); la gestión de residuos (DIR 2011/70/Euratom); y, muy recientemente, también el desmantelamiento (REG 2021/100/Euratom y REG 2021/101/UE). Todos ellos contaban con regulación previa por parte del OIEA.

El artículo 35 de Euratom establece que cada Estado miembro de la Unión Europea “debe crear las instalaciones necesarias a fin de controlar de modo permanente el índice de radiactividad de la atmósfera, de las aguas y del suelo, así como el cumplimiento de las normas básicas. La Comisión tendrá derecho al acceso a estas instalaciones de control; podrá verificar su funcionamiento y eficacia”. También está prevista la realización de misiones de control de la radiactividad en el aire, el agua, el suelo y los alimentos en todos los países de la Unión Europea.

¹⁷⁷ Calvo Roy y Fernández Bayo (2020). La protección contra radiaciones ionizantes que se examina en la Ley 25/1964 se encontraba en fase de desarrollo (a nivel de anteproyecto) en la fecha de creación del CSN, según el informe del propio CSN al Congreso de los Diputados y al Senado de diciembre de 1981 (CSN/IS/81), p. 13. También el Reglamento de 1982 indica que “[...] la necesidad de un Reglamento sobre Protección Radiológica que viniera a sustituir a la normativa existente, dispersa e inadecuada a las presentes circunstancias, se estaba dejando sentir desde hacía tiempo. En efecto, el desarrollo alcanzado por las actividades nucleares y radiactivas hacían imprescindible contar con las normas que basándose en las dictadas por los Organismos internacionales competentes, ya adoptadas por los países más adelantados, hicieran posible la regulación de la protección radiológica”. Para un repaso de los orígenes de la protección radiológica en España, véase Menéndez-Navarro y Sánchez-Vázquez (2013).

¹⁷⁸ DEC 87/600 de 14/12 1987.

¹⁷⁹ Aparecen en varios Reglamentos, entre ellos el Reglamento (CE) 1048/2009 del Consejo, de 23 de octubre de 2009 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=1618839491270&uri=CELEX%3A32009R1048>), y el Reglamento de Ejecución (UE) 2020/1158 de la Comisión, de 5 de agosto de 2020 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX%3A32020R1158>). Actualmente, además de los 27 pertenecen a ECURIE Suiza, Noruega, Macedonia, Montenegro, Serbia y Turquía.

¹⁸⁰ Parlamento Europeo (2023). Los textos legislativos citados en este apartado y los siguientes están disponibles en <https://eur-lex.europa.eu>

¹⁸¹ Parlamento Europeo (2023).

Los objetivos de verificación se seleccionan de acuerdo con su importancia radiológica o interés público, y las visitas se anuncian al país en cuestión con al menos tres meses de antelación. La Dirección General de Energía y Transportes (DG TREN) y, en concreto, su Unidad de Protección Radiológica (TREN H4), es la encargada de realizar estas tareas¹⁸².

Salvaguardias

Como hemos visto, la peculiaridad de España radicaba en ser el único país comunitario que, sin poseer armas nucleares, no se había adherido al Tratado de No Proliferación, aunque estaba sometida a las salvaguardias del OIEA. Finalmente, con la firma del TNP en 1987 se subsanaba esta anomalía. En España, toda persona que maneje material nuclear para usos pacíficos (generación de energía nucleoelectrónica, aplicaciones médicas, industriales, de investigación, etc.) requiere una autorización administrativa (de acuerdo con la normativa nacional) y está obligada a notificar esta actividad a la Comisión Europea (según la normativa comunitaria). También debe notificarse el desarrollo de las actividades relacionadas con el ciclo de combustible nuclear.

Con el paso del tiempo, se han ido adoptando y modificando una serie de reglamentos con vistas a establecer un sistema de control de seguridad que garantice que los materiales nucleares se usan únicamente para los fines declarados por los usuarios y que a la vez vele por el cumplimiento de las obligaciones internacionales¹⁸³. Los inspectores de la Comisión Europea verifican el cumplimiento de las salvaguardias e inspeccionan las instalaciones con arreglo al REG Euratom 302/2005, que regula actualmente estos aspectos. Adicionalmente, se han dictado el Real Decreto 1206/2003 y la Orden ITC/2637/2004 para adecuar la normativa nacional a los compromisos contraídos por España en virtud del Protocolo Adicional a los Acuerdos de Salvaguardias firmados conjuntamente por los Estados no poseedores de armas nucleares con Euratom y el OIEA. Esta normativa nacional es necesaria para cubrir los aspectos que exceden el marco jurídico del Tratado Euratom en la aplicación del Protocolo Adicional¹⁸⁴.

El sistema de control de seguridad de Euratom, establecido a tal efecto, comprende un conjunto de controles y actividades de verificación que abarcan todas las instalaciones nucleares de todos los Estados miembros. La encargada de su implementación es la Dirección General de Energía (Dirección de Salvaguardias Nucleares), aunque un número significativo de las inspecciones se realizan en colaboración con el OIEA¹⁸⁵. Las inspecciones constan de dos partes: la primera corresponde a un sistema de contabilidad de materiales nucleares implementado por los operadores de la UE, y sus correspondientes declaraciones contables a la Comisión, según lo dispuesto en el Reglamento 302/2005/Euratom. La segunda parte se basa en las actividades de la Comisión para verificar la integridad, exactitud y coherencia de los informes de contabilidad. Estas actividades incluyen inspecciones en el campo, donde se envían inspectores de la Comisión para realizar tareas de contabilidad, física y otras verificaciones sobre el material nuclear presente en las instalaciones, a fin de comprobar la corrección y coherencia entre las declaraciones y la realidad. Por ejemplo, en el año 2012 España recibió 49 de estas inspecciones de Euratom (30 de ellas en combinación con inspecciones del OIEA)¹⁸⁶.

¹⁸² El CSN tiene en su web las verificaciones llevadas a cabo entre 2004 y 2018:

<https://www.csn.es/en/comision-europea>

¹⁸³ Parlamento Europeo (2023).

¹⁸⁴ Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2022).

¹⁸⁵ European Commission, Directorate General for Energy (2013).

¹⁸⁶ European Commission, Directorate General for Energy (2013). Más detalles sobre el trabajo de los inspectores de salvaguardias nucleares en

<https://www.foronuclear.org/actualidad/a-fondo/el-trabajo-de-los-inspectores-de-salvaguardias-nucleares/>

Seguridad nuclear

Hasta 2004, la única base jurídica para las actividades de Euratom en el ámbito de la seguridad de los reactores nucleares eran dos Resoluciones del Consejo que establecían esencialmente un marco intergubernamental (o interregulador), centrándose en mejorar los estándares de seguridad en Europa Central y Oriental¹⁸⁷. En 2009 se emitió una Directiva sobre seguridad nuclear que estableció un marco comunitario para la seguridad de las instalaciones nucleares¹⁸⁸.

Tras el accidente nuclear de Fukushima en 2011, la Comisión llevó a cabo una evaluación completa del riesgo y de la seguridad de todas las centrales nucleares de la UE (“stress test”). El contenido técnico de dichas pruebas de resistencia y la metodología para llevarlas a cabo fueron encargados al ENSREG (European Nuclear Safety Regulators Group), con el soporte técnico de la WENRA (Western European Nuclear Regulators Association)¹⁸⁹. Aun resultando globalmente positiva, dicha evaluación destacó la necesidad de realizar nuevas mejoras para garantizar una mayor armonía entre los Estados miembros y ponerse al día con las últimas prácticas internacionales¹⁹⁰. Las pruebas de resistencia se extendieron más allá del marco de la EU, implicando a países como Suiza, Ucrania, Rusia, Armenia, Bielorrusia, India, Pakistán, Corea del Sur y Taiwán¹⁹¹.

Las normas y reglamentos emitidos por las instituciones de la Comunidad Europea sobre la base de las disposiciones del Tratado Euratom tienen un fuerte impacto en las regulaciones nacionales. Junto con ENSREG, la Comisión ha elaborado planes nacionales de acción revisados por homólogos para programar mejoras físicas en los reactores del viejo continente. En consecuencia, en 2014 se actualizaron las normas de seguridad sobre las instalaciones nucleares a escala de la Unión (Directiva 2014/87/Euratom). En febrero de 2015 la Comisión propuso la revisión de los requisitos de información establecidos en los artículos 41 y 44 del Tratado Euratom, con el fin de adaptarlos a la evolución de las políticas. En 2021 se aprobó un Instrumento Europeo de Cooperación Internacional en materia de Seguridad Nuclear (Reglamento Euratom 2021/948 del Consejo de 27 de mayo de 2021), que complementaba y derogaba el anterior Instrumento de Vecindad, Desarrollo y Cooperación Internacional. El nuevo Instrumento Europeo de Cooperación Internacional en materia de Seguridad Nuclear, dotado con 300 millones de euros para el período 2021-2027, entró en vigor el 14 de junio de 2021¹⁹². También en la investigación financiada por Euratom, el asunto de la seguridad de las instalaciones nucleares ha tenido un papel destacado, como veremos.

Relaciones con otros países

El accidente de Chernóbil tuvo un doble impacto en el quehacer de Euratom. Por un lado, como ya indicamos, implicó la creación de nuevos grupos de trabajo, acciones y legislación sobre emergencias, protección radio-

¹⁸⁷ Euratom (2004).

¹⁸⁸ Directiva 2009/71/Euratom de 25 de junio de 2009.

¹⁸⁹ WENRA nació en 1999, ENSREG en el 2007.

¹⁹⁰ Parlamento Europeo (2023).

¹⁹¹ European Nuclear Safety Regulators Group (varias fechas). Sobre la participación española en los “stress tests” que siguieron a Fukushima, remitimos a Alonso (2011), Gurguí y Munuera (2012), y Mellado (2012). Los tres artículos han sido publicados en la revista *Alfa (Revista de Seguridad nuclear y protección radiológica)*, y están disponibles, respectivamente, en <https://www.csn.es/documents/10182/13557/Alfa+16/cfb7340d-20e4-49b9-90d8-7d5eae79dab6>; <https://www.csn.es/documents/10182/13557/Alfa+18/d3e333d8-fba4-428c-9ccd-f73eb3e9a60c>; y <https://www.csn.es/documents/10182/13557/Alfa+19>.

¹⁹² Parlamento Europeo (2023).

lógica, intercambios de información, evaluación de riesgos, etc. Por otro lado, Chernóbil acabó teniendo un impacto directo en la disgregación de la Unión Soviética y los países que durante casi medio siglo habían integrado el bloque del Este¹⁹³. La Comunidad Europea debía afrontar el enorme reto de prestar ayuda a una gran potencia en descomposición. Todo ello en un momento en que también la Comunidad se hallaba en un proceso de cambios, y dispuesta a incorporar en su seno a parte de los países que salían de la órbita soviética.

La Comunidad creó en 1989 el programa PHARE, en un principio para ayudar económicamente a las democracias emergentes de Polonia y Hungría, luego ampliado al conjunto de países de Europa Central y Oriental (PECO)¹⁹⁴. Poco después, puso en marcha el programa TACIS (Technical Assistance to the Commonwealth of Independent States), el principal instrumento de asistencia técnica y de cooperación económica y financiera de la Unión Europea con los Nuevos Estados Independientes (CEI)¹⁹⁵. Creado en 1991 con el objetivo de apoyar la transición a la economía de mercado y reforzar la democracia y el Estado de derecho en los países destinatarios, estuvo en funcionamiento hasta 2013. Euratom contribuyó tanto a PHARE, adaptando (o cerrando) instalaciones y legislaciones nucleares, como a TACIS, proporcionando asistencia financiera y técnica a los CEI en todo aquello relacionado con sus industrias nucleares.

La participación española en TACIS incluía la financiación de proyectos de asistencia técnica relacionados con el desarrollo de la industria nuclear, la mejora de la seguridad y el entrenamiento de personal en seguridad nuclear. También se proporcionó asistencia financiera para la modernización de instalaciones nucleares y el desarrollo de tecnologías innovadoras. En 1993 un consorcio de siete empresas, integrado por Nuclear Electric, National Nuclear Corporation y AEA Technology del Reino Unido, Belgatom de Bélgica, y Empresarios Agrupados, Tecnatom y Equipos Nucleares de España, ganaron una serie de contratos bajo el programa TACIS al amparo de Euratom y de la Comunidad Europea para mejorar la seguridad nuclear en la antigua Unión Soviética¹⁹⁶. Estas mismas empresas ya estaban involucradas en otros proyectos de asistencia técnica VVER en Europa Central y del Este y en la antigua Unión Soviética¹⁹⁷. También habían participado en misiones relacionadas con PHARE: desde el entrenamiento de personal en seguridad nuclear y la modernización de instalaciones nucleares hasta el desarrollo de tecnologías innovadoras.

A su vez, el CSN participó en proyectos de asistencia reguladora financiados con cargo a TACIS para países del Centro y Este de Europa no pertenecientes a la UE, y PHARE para los Estados candidatos a la ampliación de la UE. Posteriormente, también prestaría asistencia el Grupo de Gestión para Asistencia Reguladora (RAMG), que asesoraba a la Comisión Europea en los proyectos de cooperación en materia de seguridad nuclear relacionados con ambos programas¹⁹⁸.

¹⁹³ Kasperski (2018).

¹⁹⁴ European Union (2022).

¹⁹⁵ Blanc (2007).

¹⁹⁶ Euratom Supply Agency (1993).

¹⁹⁷ Los proyectos de asistencia técnica VVER se relacionan con el desarrollo de reactores nucleares de agua a presión (VVER, transcripción del acrónimo ruso BB3P), el tipo de reactor más utilizado en la órbita soviética. Estos proyectos se centran en mejorar la seguridad nuclear, el rendimiento y la eficiencia de los reactores VVER, así como en el entrenamiento de personal en seguridad nuclear.

¹⁹⁸ Consejo de Seguridad Nuclear (2007).

Actualmente, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, con el apoyo del CSN, participa regularmente en los siguientes instrumentos/comités relacionados con el Tratado Euratom¹⁹⁹:

- AQG (Atomic Questions Group). Grupo de trabajo del Consejo de la Unión Europea en el que mayoritariamente se abordan los temas relativos al ámbito del Tratado Euratom: seguridad nuclear, gestión segura de residuos radiactivos y protección radiológica para el público y el medio ambiente, ITER, acuerdos internacionales nucleares, etc²⁰⁰.
- ENSREG (European Nuclear Safety Regulators Group). Grupo de Reguladores Nucleares Europeos y de Gestión de Residuos Radiactivos, creado en 2007 por decisión de la Comisión Europea²⁰¹.
- Comité Consultivo de la Agencia de aprovisionamiento de Euratom.
- Cooperación exterior en materia de seguridad nuclear (antiguos programas PHARE y TACIS), por medio del Comité del Instrumento de Cooperación en materia de seguridad nuclear (INSC).

Investigación

Una de las preocupaciones ante la inminente entrada de España en Euratom fue si se podrían aprovechar las ventajas de participar en proyectos conjuntos de I+D, “puesto que es necesario establecer una infraestructura científica nacional [...]; en caso contrario, se estará financiando un programa del que no se obtendrá ningún beneficio”²⁰². Sin embargo, no se tardó mucho en obtener co-financiación europea para proyectos nucleares en España. En 1986 se aprobó el informe de los expertos de la Comunidad Europea sobre el proyecto IPES (Instalación Piloto Experimental Subterránea), presentado por ENRESA para la construcción de un laboratorio subterráneo de almacenamiento de residuos nucleares en Aldeadávila, provincia de Salamanca. Según el CSN, “todas las delegaciones, excepto la portuguesa, se mostraron favorables al desarrollo del proyecto dentro del programa de costo compartido que desarrolla la Comunidad”²⁰³. En aquellos años, se aprobó también la co-financiación del proyecto Quercus, la planta de concentrado de uranio de Ciudad Rodrigo, Salamanca, que comenzaría a funcionar en 1993²⁰⁴.

Y es que la política común de investigación de Euratom se articula en tres tipos de acciones: la acción directa en el JRC (Centro Común de Investigación) con financiación y recursos humanos propios; la acción indirecta o contratación de proyectos en centros de los Estados miembros, con financiación a partes iguales; por último, la acción concertada con diferentes países y coordinada por la Comunidad, que únicamente financia los gastos de coordinación y de difusión de la información. Asimismo, se pueden crear empresas comunes para desarrollar proyectos de investigación, siendo el proyecto JET, que hemos examinado anteriormente, el primero que se realizó en esa modalidad.

¹⁹⁹ Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2022).

²⁰⁰ El grupo de trabajo sienta las bases técnicas para posteriores negociaciones, acuerdos, propuestas e iniciativas de los representantes ministeriales de los Estados miembros en el Consejo de la Unión Europea, <https://www.csn.es/en/grupo-de-cuestiones-atomicas-aqg-del-consejo-europeo>

²⁰¹ <https://www.ensreg.eu/>

²⁰² Iranzo (1985).

²⁰³ Consejo Seguridad Nuclear (1986), p. 113. Fue precisamente la oposición portuguesa una de las principales razones por las que el proyecto se suspendió finalmente. Véase Rubio-Varas et al. (2018).

²⁰⁴ Sánchez y López (2021).

El programa de formación e investigación de Euratom se ocupa de una amplia gama de áreas relacionadas con la energía nuclear: seguridad nuclear, fusión, fisión, protección contra las radiaciones, ciclo del combustible, medicina, gestión del conocimiento, educación y formación de expertos. Estas actividades confluyen en objetivos comunes: mejorar la seguridad de las centrales nucleares, desarrollar fuentes de energía sostenibles, proteger a las personas y al medio ambiente de los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes, y garantizar que la próxima generación de científicos e ingenieros nucleares tenga las habilidades y conocimientos necesarios para trabajar en la industria nuclear.

Hemos recopilado datos de los nueve programas marco de investigación de Euratom en el seno de la Comunidad, desde el primero (1984-1988) hasta el actual Horizonte Europa (2021-2027), con el fin de observar cómo ha evolucionado el gasto en investigación nuclear en este organismo (Tabla 1). Para empezar, la investigación sobre energía, y en concreto sobre energía nuclear, constituyó el núcleo del primer programa. Un cuarto de aquel primer presupuesto comunitario de investigación se dedicó a acciones indirectas para promover la investigación nuclear, con un reparto bastante igualitario entre fusión y fisión.

Por un lado, la ampliación del presupuesto comunitario, y por otro, la evolución de la propia energía nuclear en el marco europeo, provocaron dos cambios importantes en la financiación. En primer lugar, el presupuesto de investigación de Euratom, o lo que es lo mismo, la investigación nuclear, ha dejado de tener el peso sustancial que mantuvo en los primeros programas de investigación comunitarios. En segundo lugar, la financiación de la investigación en fisión nuclear se ha visto completamente sobrepasada por la financiación de la investigación en fusión. Y eso sin tener en cuenta que en los datos de la Tabla 1 para el periodo 2021-2027 no está incluida la financiación específica del ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor), el experimento científico colaborativo mundial destinado a demostrar la viabilidad de la fusión nuclear como fuente de energía ilimitada y relativamente limpia. Los Estados miembros de la UE participan en el ITER en virtud de su pertenencia a Euratom. Desde 2014 la contribución de la UE a ITER se canaliza través de la acción común para ITER “Fusion for Energy”, regulada por un proceso legislativo separado²⁰⁵.

El proyecto ITER se basa en un acuerdo firmado el 21 de noviembre de 2006 por China, India, Japón, Corea, Rusia, Estados Unidos y la Unión Europea²⁰⁶. La participación europea está gestionada por la agencia Fusion for Energy (constituida por Euratom, los Estados miembros de Euratom y Suiza). La agencia Fusion for Energy, establecida en 2007 y con sede en Barcelona, es responsable de garantizar la contribución de Euratom al proyecto ITER y al “Broader Approach”²⁰⁷, y es la encargada de contratar empresas y organizaciones de investigación en la UE para lograrlo²⁰⁸. La aportación de la Unión Europea al proyecto ITER es de aproximadamente el 45%. En 2021 la UE decidió asignar 5.610 millones de euros al ITER para el período de 2021 a 2027²⁰⁹.

¿Eran infundados los temores iniciales sobre la capacidad española de participar en los proyectos comunitarios de investigación nuclear? Es complejo obtener una respuesta definitiva y requeriría una investigación específica que excede el objetivo de este capítulo. Existen algunas pistas que parecen indicar que los temores

²⁰⁵ Consejo de la Unión Europea (2013).

²⁰⁶ Marinescu (2002).

²⁰⁷ Acuerdo firmado entre la UE y Japón en 2007. Consiste en una serie de actividades para complementar al proyecto ITER, entre ellas la construcción de unas instalaciones de prueba de los materiales para la fusión nuclear.

²⁰⁸ <https://fusionforenergy.europa.eu/>

²⁰⁹ European Commission (sf.a).

Tabla 1. Evolución de los presupuestos de las actividades de investigación y formación en virtud del Tratado Euratom

	1FP	2FP	3FP	4FP	5FP	6PF	7FP	8FP (Horizon 2020)	9FP (Horizon Europe)
	1984-1988	1987-1991	1990-1994	1994-1998	1998-2002	2002-2006	2007-2013	2014-2020	2021-2027
	Millones de ECUS			Millones de Euros					
JRC (acciones directas)	ND	ND	271	281	319	517	824,8	532	ND
Fusión (acciones indirectas)	480	611	458	794	788	824	1947	1078	583*
Fisión (acciones indirectas)	460	440	199	170	191	209	287	466	266
Total presupuesto investigación (acciones indirectas)	940	1051	657	964	979	1033	2234	1544	849
% Euratom sobre total del presupuesto I+D comunitario (acciones indirectas, excl. JCR)	25%	19%	12%	8%	7%	6%	4%	2%	1%
% Fusión (sobre presupuesto Euratom, acc. ind)	51%	58%	70%	82%	80%	80%	87%	70%	69%*
% Fisión (sobre presupuesto Euratom, acc. ind)	49%	42%	30%	14%	15%	15%	10%	20%	19%

*La financiación del ITER queda fuera de estos presupuestos

Fuentes: Elaboración propia en base a los siguientes documentos: Reglamento (CEE) n.º 804/83 del Consejo, de 2 de abril de 1983, relativo a la introducción de un sistema integrado de administración y control de ciertas ayudas comunitarias. Diario Oficial de la Unión Europea L 080, 29.03.1983, pp. 1-13.

Directiva 90/221/CEE del Consejo, de 24 de abril de 1990, relativa a la aplicación de un sistema integrado de administración y control de las ayudas comunitarias. Diario Oficial de la Unión Europea L 117, 08.05.1990, pp. 15-20.

Real Decreto 858/1994, de 8 de julio, por el que se desarrolla la Directiva 90/221/CEE, del Consejo, de 24 de abril de 1990, relativa a la aplicación de un sistema integrado de administración y control de las ayudas comunitarias. BOE núm. 115, de 30 de mayo de 1994, pp. L31-L37.

OECD/NEA, Dirección General de Política Nuclear (2008), Programa de Desarrollo de la Energía Nuclear en la Comunidad Europea 2008, OECD/NEA. Recuperado de https://www.oecd-nea.org/science/nsc2008/9-2_EC.pdf

Swiss Federal Research Service (s.f.), EU Framework Programmes for Research and Development. Recuperado de <https://www.sbfli.admin.ch/sbfli/en/home/research-and-innovation/international-cooperation-r-and-i/eu-framework-programmes-for-research/previous-eu-framework-programmes.html>

Comisión Europea (1998), Programa Marco de la Comisión Europea para la Cooperación Económica Europea (EAEC). Recuperado de https://cordis.europa.eu/programme/id/EAEC_FWP_EAEC-FWP-EAEC-2C/es

European Commission (2020), Horizon 2020 – Work Programme 2018-2020 – Annex 1 – Euratom Research and Training Programme 2018-2020. Recuperado de https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/legal_basis/fp/h2020-euratom-establact_en.pdf

European Parliamentary Think Tank (2019), ¿Cómo se gasta el presupuesto de la UE? Programa de investigación y formación Euratom. Recuperado de <https://epthinktank.eu/2019/04/04/how-the-eu-budget-is-spent-euratom-research-and-training-programme/>

eran infundados. Más allá de la participación, ya mencionada, de empresas españolas en contratos TACIS y PHARE, España logró la creación de un nuevo instituto del JCR en Sevilla (Institute for Prospective Technological Studies-IPTS), que proporciona apoyo socioeconómico y tecnoeconómico para la concepción, desarrollo, implementación y seguimiento de las políticas de la UE. Establecido en 1994 con un pequeño grupo de investigadores, hoy es el segundo sitio más grande del JRC²¹⁰. Además, como hemos visto, también se obtuvo la sede de la agencia Fusion for Energy (Barcelona).

En las evaluaciones de los programas marco más recientes, la investigación nuclear sale relativamente bien parada. La participación de organizaciones españolas en las acciones indirectas en fisión nuclear y en ciencias radiológicas del quinto programa marco (1998-2002) fue de 185 participaciones en un total de 109 proyectos. El coste total de dichas participaciones ascendió a 21,7 millones de euros (excluyendo becas). Nueve de dichos proyectos fueron coordinados por organizaciones españolas. Teniendo, pues, solamente en cuenta la investigación, en fisión nuclear y ciencias radiológicas se obtienen las siguientes indicaciones: hubo participación española en la mitad de los proyectos (49%); el coste del esfuerzo de los participantes españoles alcanzó un 6,8% del presupuesto total; un 4% de los proyectos fueron coordinados por participantes españoles²¹¹.

En el sexto programa marco (2002-2006), que coincidió con los primeros años de la presidencia de Martínez-Val Peñalosa, los investigadores españoles recibieron un 5% del presupuesto. Ello situó a España en el 5º puesto del ranking de países receptores de presupuesto de Euratom²¹².

A modo de conclusión

En resumen, las relaciones entre España y Euratom han evolucionado a lo largo de las décadas, reflejando el papel cambiante de la energía nuclear en el contexto europeo. Desde su adhesión a Euratom en 1985, España ha experimentado un crecimiento significativo en el desarrollo y la producción de energía nuclear, convirtiéndose en uno de los actores clave en el panorama nuclear europeo. La cooperación con Euratom ha brindado a España acceso a recursos, conocimientos técnicos y colaboración en investigación, fortaleciendo su capacidad en el ámbito nuclear. Sin embargo, también se han presentado desafíos y debates en torno a la seguridad, la gestión de residuos y la participación pública. Las relaciones entre España y Euratom seguirán desempeñando un papel crucial tanto en la configuración del futuro energético del país como en su contribución a la seguridad y sostenibilidad de Europa.

²¹⁰ European Commission (sf.a).

²¹¹ Zurita (2003).

²¹² Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (2020)

BIBLIOGRAFÍA

ALONSO, José Ramón (2011), "Las pruebas de resistencia realizadas a las centrales nucleares españolas", *Alfa*, 16, pp. 44-57.

ARMAND, Louis, ETZEL, Franz y GIORDANI, Francesco (1957), *Un objectif pour Euratom*, rapport présenté sur la demande des gouvernements de la République Fédérale d'Allemagne, la Belgique, la France, l'Italie, le Luxembourg et les Pays-Bas [S.I.]: 157, 117, pp. 13-46. Recuperado de https://www.cvce.eu/obj/rapport_des_trois_sages_sur_euratom_4_mai_1957-fr-e72917a4-3c9d-48b1-b8cb-41307736731e.html

BLANC, Antonio (2007) "El programa TACIS (1991-2006): balance y sustitución por el nuevo instrumento europeo de vecindad y asociación", *Anuario español de Derecho Internacional*, 23, pp. 103-145. Recuperado de https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/21440/1/ADI_XXIII_2007_03.pdf

CALVO ROY, Antonio y FERNANDEZ BAYO, Ignacio (2020), "Cómo nació y se desarrolló el Consejo de Seguridad Nuclear: Historia Abreviada de 40 años", *Alfa*, 44, pp. 6-13. Recuperado de <https://www.csn.es/documentos/10182/2265609/ALFA+44+REPORTAJE+HISTORIA+ABREVIADA+DE+40+A%C3%91OS.pdf/e5f38a49-6c19-04d5-47be-a4b30612b237>

CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA (2013), *Press Release Euratom programme for nuclear research (2014 to 2018)*. Recuperado de https://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/en/intm/140114.pdf

CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA (2014), *Council conclusions on the European Union's energy and climate policy framework for 2030*. Recuperado de https://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/en/intm/140114.pdf

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR (1981), *Informe al Congreso de los Diputados y al Senado del CSN*, diciembre de 1981 (CSN/IS/81).

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR (1986), *Informe al Congreso de los Diputados y al Senado del CSN*, diciembre de 1986 (CSN/IS/11/86).

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR (2007), *Cuarto informe nacional de la Convención sobre Seguridad Nuclear*. Recuperado de <https://www.csn.es/documents/10182/103567/Cuarto+informe+nacional+de+la+convenci%C3%B3n+sobre+seguridad+nuclear++Septiembre+de+2007/81c6f1d2-b421-42c4-ab71-66fb583207ce>

DESCHAMPS, Étienne (2016), *The failure of Euratom*, Digital Research in European Studies, University of Luxembourg's CVCE.eu. Recuperado de <https://www.cvce.eu/en/recherche/unit-content/-/unit/02bb76df-d066-4c08-a58a-d4686a3e68ff/59f513b4-4af9-492c-8a64-4474d1d7dd6a>

DONNELLY, Warren H. (1972), *Science, Technology, and American Diplomacy: Commercial Nuclear Power in Europe: The Interaction of American Diplomacy with a new Technology*, prepared for the Subcommittee on National Security Policy and Scientific Developments of the Committee on Foreign Affairs, US House of Representatives, Washington D.C., US Government Printing Office.

EURATOM (1957), *Treaty of the Constitution of the European Atomic Community*. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:11957A/TXT&from=EN>

EURATOM (2004), *Commission Decision of 29 April 2004 amending Commission Decision 1999/819/Euratom of 16 November 1999 concerning the accession to the 1994 Convention on Nuclear Safety by the European Atomic Energy Community (Euratom) with regard to the Declaration attached thereto*. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32004D0491>

EURATOM SUPPLY AGENCY (1993), *Euratom Supply Agency Annual Report 1993*. Recuperado de <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/3d4a63fe-c92f-11e6-ad7c-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-279453894>

EURATOM SUPPLY AGENCY (2021), *60 years of Euratom Supply Agency, 2020 Annual Report*, Luxembourg, Publications Office of the European Union.

EUROfusion. (s.f.), *JET History*. Recuperado de <https://euro-fusion.org/devices/jet/jet-history/>

EUROPEAN COMMISSION (1968), *Secretary General of the Commission: 'Survey of the nuclear policy of the European Communities'*, Supplement to the Bulletin, 9-19.

EUROPEAN COMMISSION (1980), *Cooperation Agreement between the European Atomic Energy Community and the Kingdom of Spain in the field of controlled thermonuclear fusion*, Official Journal L 190, 24/07/1980, P. 0024. Recuperado de [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/MT/TXT/?uri=CELEX:21980A0714\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/MT/TXT/?uri=CELEX:21980A0714(01))

EUROPEAN COMMISSION (1983), *Extension of the Cooperation Agreement between the European Atomic Energy Community and the Kingdom of Spain in the field of controlled thermonuclear fusion*, COM(83) 351 final. Recuperado de https://www.eumonitor.eu/9353000/1/j4nvke1fm2yd1u0_j9vvik7m1c3gyxp/vkcweex327z2/v=s7z/f=/com%281983%29351_en.pdf

EUROPEAN COMMISSION (sf.a), *Fusion energy and ITER*. Recuperado de https://energy.ec.europa.eu/topics/research-and-technology/fusion-energy-and-iter_en

EUROPEAN COMMISSION (sf.b), *The JRC in Seville (Spain)*. Recuperado de https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-sites-across-europe/jrc-seville-spain_es

EUROPEAN COMMISSION, Directorate General for Energy (2013), *Summary Report on the Implementation of Euratom Safeguards in 2012*, Ref. Ares(2013)3002129 - 06/09/2013. Recuperado de https://energy.ec.europa.eu/system/files/2014-10/20121108_euratom_safeguards_2011_report_0.pdf

EUROPEAN NUCLEAR SAFETY REGULATORS GROUP (varias fechas). Recuperado de <https://www.ensreg.eu/search/q/stress%20tests>

EUROPEAN UNION (2017), *EU framework programmes for research and innovation*. Recuperado de https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2017/608697/EPRS_IDA%282017%29608697_EN.pdf

EUROPEAN UNION (2022), *Programa PHARE, Síntesis de legislación UE*. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=LEGISSUM:e50004>

FUSION FOR ENERGY (s.f.), *Fusion for Energy*. Recuperado de <https://fusionforenergy.europa.eu/>

GONZÁLEZ SÁNCHEZ, Enrique (1984), "Las Negociaciones de Adhesión de España a las Comunidades Europeas, enero 1983-marzo 1984", *Revista de Instituciones Europeas*, 11 (1), pp. 477-497.

GUIRAO, Fernando (2021), *The European Rescue of the Franco Regime, 1950-75*, Oxford, Oxford University Press.

GURGUÍ Antoni y MUNUERA, Antonio (2012), "La revisión inter pares (peer review) de las pruebas europeas de resistencia post-Fukushima", *Alfa*, 18, pp. 46-55.

GUZZETTI, Luca (1995), *A Brief History of European Union Research Policy*, European Commission DG XII, Office for Official Publications. Recuperado de <https://netaffair.org/documents/1995-a-brief-history-of-european-research.pdf>

IRANZO, Juan E. (1985), "El sector energético español ante EURATOM", *Papeles de Economía Española*, 25, pp. 382-400.

JOINT RESEARCH CENTRE (s.f.), *JRC Sites across Europe: JRC Seville (Spain)*. Recuperado de https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-sites-across-europe/jrc-seville-spain_es

KASPERSKI, Tatiana (2018), "Ukraine Short Country Report", *HoNESt Project in History of Nuclear Energy and Society*, <https://www.honest2020.eu/>

KRAMER, Heinz (1970), *Nuklearpolitik in Westeuropa und die Forschungspolitik der EURATOM*, Westdeutscher Verlag.

MARCUS, Franz R., comp (1997), *Committees and Groups Related to the Euratom Treaty*, Report 97:43. Recuperado de <https://www.osti.gov/etdweb/servlets/purl/593572>

MARINESCU, Marian-Jean (2002), *European Joint Undertaking for ITER and the Development of Fusion Energy*, Parlamento Europeo. Recuperado de <https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/spotlight-MFF/file-mff-the-international-thermonuclear-experimental-reactor-iter-project>

MELLADO JIMÉNEZ, Isabel (2012), "Seguimiento de los resultados de las pruebas de resistencia de las centrales nucleares europeas y plan de acción", *Alfa*, 19, pp. 43-48.

MENDOZA, Carlos et al. (2020), "Las revisiones temáticas de seguridad y la gestión del envejecimiento en instalaciones nucleares", *Alfa*, 43, pp. 12-19.

MENÉNDEZ-NAVARRO, Alfredo y SÁNCHEZ VÁZQUEZ, LUIS. (2013), "La protección radiológica en la industria nuclear española durante el franquismo, 1939-1975", *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 20, pp. 797-812.

MINISTERIO DE CIENCIA, INNOVACIÓN Y UNIVERSIDADES (2020), *Balance intermedio de la participación española en el programa marco VI*. Recuperado de https://www.mineco.gob.es/stfls/MICINN/Investigacion/ENLACES/Programa_Marco_VI/BalancelIntermedioParticipacionEspañola6.pdf

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO (2022), *Salvaguardias Nucleares*. Recuperado de <https://energia.gob.es/nuclear/SalvaguardiaNuclear/Paginas/salvaguardias.aspx>

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO (2022), *Energía Nuclear*. Recuperado de <https://energia.gob.es/nuclear/OrganismosInternacionales/Paginas/euratom.aspx>

MORENO JUSTE, Antonio y LÓPEZ, Carlos (2014), "Les Communautés Européennes et la Politique extérieure espagnole dans le contexte de la Transition démocratique", *Revue d'Histoire Diplomatique*, 2 (2), pp. 141-156.

NAU, Henry R. (1974), *National Politics and International Technology*, Baltimore & London, The John Hopkins University Press.

O'DRISCOLL, Mervyn, LAKE, Gordon y LODGE, Juliet (2002), *The European Parliament and the Euratom Treaty: past, present and future*, Technical Report of the European Parliament, Energy Research Series, ENER 114 EN. Disponible en: https://cora.ucc.ie/bitstream/handle/10468/3024/114_EN.pdf?sequence=4.

PARLAMENTO EUROPEO (1964), Sesión del martes 22 de septiembre de 1964. Disponible en el original en francés en: <https://www.cvce.eu/collections/unit-content/-/unit/en/02bb76df-d066-4c08-a58a-d4686a3e-68ff/7fdaf53c-5e86-49b6-a281-1b2d12f2a804/Resources#d700c758-9c39-4638-9837-2ef305d8d260-en&overlay>.

PARLAMENTO EUROPEO (2023), *Energía Nuclear*. Fichas Temáticas sobre la Unión Europea. Disponible en: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/sheet/62/energia-nuclear>.

PIROTTE, Olivier et al. (1988). *Trente ans d'expérience EURATOM: la naissance d'une Europe nucléaire*, Bruselas, Etablissements Emile Bruylant.

POLACH, Jaroslav G. (1964), *EURATOM: Its Background, Issues and Economic Implications*, Dobbs Ferry, NY, Oceana Publications.

RECARTE, Ivan (2008), "La armonización en WENRA y el plan de acción del CSN", *Alfa*, 2, pp. 48-57.

REDONET, José Luis (1957), "Influencia de las cargas financieras en el precio de coste de la energía nuclear", *Energía Nuclear*, 3, pp. 39-44.

REPRESENTACIÓN PERMANENTE DE ESPAÑA ANTE LA UE, *Precedentes históricos*. Disponible en: <https://es-ue.org/historia/>

RUBIO-VARAS, Mar, CARVALHO António y DE LA TORRE Joseba (2018), "Siting (and mining) at the border: Spain-Portugal nuclear transboundary issues", *Journal for the History of Environment and Society*, 3, pp. 33-70.

SÁNCHEZ, Esther M y LÓPEZ, Santiago M. (2021), *Historia del uranio en España. De la minería a la fabricación del combustible nuclear, c. 1900-1986*, Madrid, Sociedad Nuclear Española.

SÖDERSTEN, Anna (2018), *Euratom at the Crossroads*, Edward Elgar Publishing.

TROUVÉ, Matthieu (2008), *L'Espagne et l'Europe. De la dictature de Franco à l'Union européenne*, Bruselas, Peter Lang.

ZURITA, Alejandro (2003), "Investigaciones nucleares patrocinadas por los programas marco de Euratom", *Nuclear España. Revista de la SNE*, 235-8, pp. 47-56.

Parte 2. Participación de Estados Unidos, Francia y Alemania en los proyectos nucleares españoles

ESTHER SÁNCHEZ Y SANTIAGO LÓPEZ

Desde mediados de los años cincuenta, tras el llamamiento público de Eisenhower en su campaña “*Atoms for Peace*”, España suscribió acuerdos nucleares bilaterales con las grandes potencias mundiales. En julio de 1955, Lewis L. Strauss, director de la AEC estadounidense, y José María de Areilza, embajador de España en Washington, concluían en la capital norteamericana un acuerdo de colaboración bilateral sobre usos civiles de la energía atómica. Era el primer tratado de este tipo que firmaban tanto el Gobierno español como el Gobierno norteamericano. En las décadas siguientes, España suscribió acuerdos nucleares similares con Francia (1956), Italia (1959), Reino Unido (1960), Canadá (1964), India (1965), Argentina (1966), Brasil (1968), Alemania Occidental (1969) y Portugal (1971), entre otros. Estos acuerdos generaron compromisos específicos (por ejemplo, en materia de seguridad y protección radiológica) y enmarcaron un amplio y variado abanico de actividades bilaterales (suministro de materiales y equipos, visitas recíprocas, estancias de formación, congresos, seminarios, cursos, publicaciones, y un largo etcétera).

Los principales interlocutores nucleares de España fueron Estados Unidos, Francia y Alemania occidental, propietarios de la tecnología de los reactores instalados, y a ellos estará dedicada esta segunda parte del libro. Partiendo de un abundante soporte documental, examinaremos la formación de especialistas españoles en centros de prestigio de Estados Unidos, Francia y Alemania, así como los pormenores de la cooperación con las agencias gubernamentales y las empresas. Seguidamente, nos centraremos en el proceso de construcción de las plantas nucleares, pieza clave de la cooperación bilateral. El relato se inicia al término de la II Guerra Mundial, aunque el origen de las relaciones hay que buscarlo en la cooperación científico-técnica y los contactos comerciales e industriales que se habían establecido en el primer tercio del siglo XX, si no antes. Empresas como Westinghouse, Schneider y Siemens, por solo citar tres ejemplos destacados, habían emprendido con éxito proyectos en España antes de la Guerra Civil, mediante la creación de filiales (Suministros Eléctricos SA, de Westinghouse), la adquisición de acciones en sociedades españolas (CENEMESA) o la provisión de equipos (transformadores y otro material eléctrico y electromecánico). Existía por tanto una red de relaciones internacionales y una cierta base industrial, aunque no especializada en el sector nuclear.

Los Pactos de 1953 de Ayuda Económica y Defensa Mutua entre España y Estados Unidos marcaron el despegue de la rehabilitación internacional de la España franquista, y convirtieron a Estados Unidos en el principal referente de su acción exterior. Dos años más tarde, el acuerdo nuclear bilateral de 1955 trasladaría ese protagonismo al ámbito nuclear. Estados Unidos se convirtió en el principal referente internacional del sector nuclear en España. Fue el primer destino para la formación de sus especialistas, el proveedor de la asistencia financiera y técnica que posibilitó la construcción de los primeros reactores experimentales, el interlocutor más

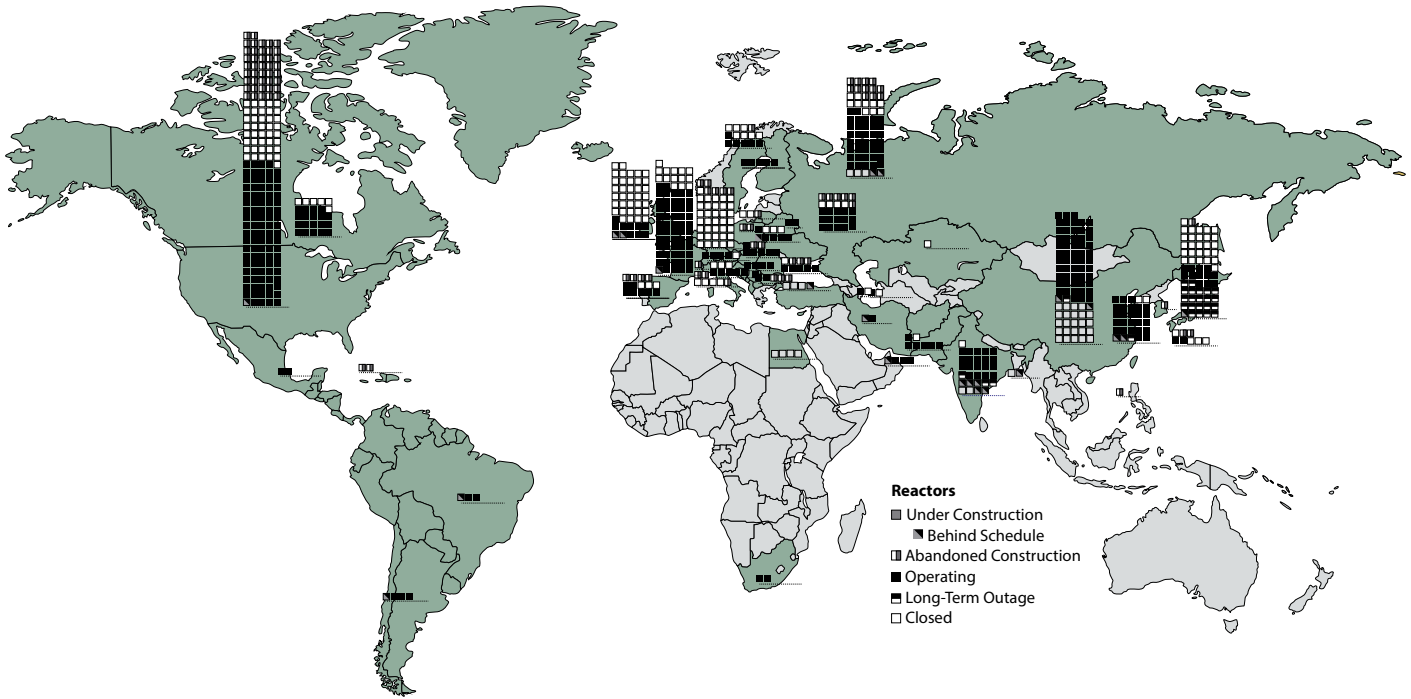
destacado en la construcción posterior de reactores comerciales (Zorita, Garoña, Cofrentes, Ascó I y II, Almaraz I y II, Vandellós II), y el modelo que sirvió de base a la regulación nuclear española (*Ley de Energía Nuclear* de 1964, Departamento de Seguridad Nuclear de la JEN, Consejo de Seguridad Nuclear). Las relaciones nucleares entre España y Estados Unidos se han analizado en el capítulo 2.1. Lo firman los profesores de la Universidad Pública de Navarra Joseba De la Torre y Mar Rubio-Varas, que conocen la bibliografía y archivos americanos, y cuentan con prestigiosas publicaciones sobre la influencia de Estados Unidos en el desarrollo nuclear español.

Esther Sánchez, profesora de la Universidad de Salamanca y especialista en la historia de las relaciones hispano-francesas, se encarga de abordar, en el capítulo 2.2, las relaciones nucleares con Francia, que tras unos años difíciles en la inmediata posguerra crecieron con fuerza desde los años cincuenta. Franceses y españoles eran conscientes de la imposibilidad de reemplazar a Estados Unidos, dadas sus altísimas capacidades tecnológicas y financieras, pero encontraron en el otro su “second best”, es decir la mejor alternativa para diversificar sus fuentes exteriores de suministro, reducir la dependencia respecto a la gran potencia americana y potenciar la cooperación europea. El reactor de Vandellós I, fabricado con tecnología y capital francés, constituyó un caso excepcional en el desarrollo nuclear español. Fue el único reactor francés construido en España, el único que funcionó con uranio natural, y el único financiado mayoritariamente por entidades públicas. Constituyó, además, la primera y única exportación (y la última realización) de la tecnología francesa de uranio natural-gas-grafito. Y se trató, finalmente, del primer reactor español desmantelado tras el accidente nuclear más grave ocurrido nunca en España. Como demuestra la autora, Vandellós I resultó, a la postre, una decisión más política que económica, que sin la intervención de los poderes públicos probablemente no se hubiese materializado. Pero también fomentó las capacidades nucleares y la diversificación exterior de ambos países, jugando sin duda en beneficio del desarrollo tecnológico, la competitividad industrial y la integración europea.

Por último, Gloria Sanz, profesora de la Universidad Pública de Navarra, aborda en el capítulo 2.3 las relaciones nucleares con Alemania occidental, desgranando la evolución de los intercambios entre empresas e instituciones nucleares desde el final de la II Guerra Mundial. Su objetivo último es explicar cómo se ganó el proyecto de la central nuclear de Trillo, única central alemana en España (diseño PWR de Siemens AG-KWU). Para ello, examina el complejo escenario político y económico que enmarcó este proyecto bilateral, así como las características de la asistencia técnica, la formación de ingenieros y técnicos, la financiación y los acuerdos empresariales que rodearon su contratación, identificando los hitos y actores más significativos del proceso. El texto finaliza con un epílogo sobre la evolución de la cooperación en las últimas décadas, incluso tras la parada nuclear alemana.

La energía nuclear ha seguido caminos distintos en estos cuatro países. Continúa teniendo una presencia destacada en Estados Unidos y Francia, está en retroceso en España y ha sido paralizada en Alemania. Según datos de la World Nuclear Association, Estados Unidos era en 2023 el país que disponía de más reactores nucleares operativos (93 reactores distribuidos en 56 centrales), seguido de Francia (56 reactores, 18 centrales). Ambos cuentan, además, con sendos reactores en construcción. España alberga 7 reactores activos (5 centrales) y ninguno en construcción, mientras que Alemania cerró en 2023 sus tres últimas plantas y suspendió, a pesar de la crisis energética y la emergencia climática, todo proyecto nuclear futuro. En todo caso, los cauces de colaboración entre España y estos tres países siguen siendo intensos, en investigación básica y aplicada y en los ámbitos científico, tecnológico e industrial, como demuestran los proyectos que se evocarán en las páginas que siguen.

Nuclear Power Reactors in the World by Status , as of 23 January 2024



Fuente: World Nuclear Industry Status Report, 2024.

Capítulo 2.1 Estados Unidos y el despliegue nuclear español

JOSEBA DE LA TORRE Y MAR RUBIO-VARAS

En abril de 1979 la Oficina de Auditoría del Gobierno de los Estados Unidos elaboró un informe, de uso restringido, que evaluaba el impacto del programa nuclear norteamericano en la formación de expertos extranjeros. Desde 1955 científicos e ingenieros de multitud de países habían realizado estancias en los laboratorios nacionales, las empresas industriales y de servicios, y las instituciones universitarias estadounidenses. Esta investigación respondía a la petición de los congresistas demócratas Clarence D. Long y Don L. Bonker de que se averiguase si esa formación y entrenamiento podrían estar contribuyendo a la proliferación de capacidades para fabricar armas nucleares en países que eludían el control de los organismos internacionales²¹³. La mayoría de los Gobiernos que se resistían a firmar el Tratado de No Proliferación Nuclear (TNP) habían sido objeto de seguimiento por parte de las agencias norteamericanas desde los años cincuenta, pero el ensayo de bomba atómica de India en 1974 exigía revisar todos los protocolos²¹⁴. En esas fechas, además, el incremento de los precios del petróleo jugaba a favor de reforzar la opción energética nuclear para cubrir las necesidades de electricidad de los países en vías de desarrollo.

El Congreso de los Estados Unidos instaba a auditar nada menos que 35 años de la política exterior de promoción y diseminación de la energía nuclear desde Norteamérica a los países del bloque occidental (en Europa, Asia y América Latina, lo que incluía economías avanzadas y atrasadas, democracias y dictaduras, alineados y no alineados). Lo que la historia cuenta es que España fue uno de los aprendices más aventajados de ese programa de expansión nuclear. En este capítulo pretendemos, básicamente, ofrecer una síntesis del papel fundamental que desempeñó Estados Unidos en el despliegue de la energía nuclear en España en cada una de sus vertientes, y especialmente en el ámbito del capital humano, la transferencia de tecnología y la transformación del ecosistema industrial.

El liderazgo político, económico, financiero y militar de Estados Unidos salió muy reforzado tras la II Guerra Mundial. Uno de los grandes objetivos de la política exterior norteamericana de posguerra fue contribuir a la reconstrucción de Europa occidental, lo que implicó la distribución de bienes y capitales a través del Plan Marshall y la asistencia técnica en todo tipo de programas, como los de organización empresarial y estrategia industrial y energética. Ya desde finales de los años cuarenta se evidenciaron las tensiones este-oeste y la necesidad de frenar la amenaza potencial del otro gran vencedor de la contienda, la Unión Soviética²¹⁵.

En aquel nuevo escenario geopolítico de Guerra Fría el régimen del general Franco se situó al lado del líder occidental y consiguió que su antigua colaboración con el Eje fuese relegada a un segundo plano. Excluida

²¹³ US Government Accountability Office (GAO), 1979 Report.

²¹⁴ Sarkar (2022) y De la Torre (2022).

²¹⁵ Hobsbawm (1995), Judt (2005) y Fontana (2011).

del Plan Marshall, España hubo de esperar a los Pactos de Madrid para recibir el apoyo norteamericano, de la mano de los convenios de mutua defensa y de ayuda económica y técnica²¹⁶. Los Pactos se firmaron el 26 de septiembre de 1953, es decir, pocas semanas antes de que la administración Eisenhower lanzase el programa “Átomos para la Paz”, tras el histórico discurso pronunciado en la Asamblea General de la ONU el 8 de diciembre de 1953. La ciencia y la tecnología formaban parte del programa.

La energía nuclear sintetizaba cada una de las características de ese nuevo orden mundial en el que los Gobiernos estadounidense y español iban a desplegar sus bazas. Sin el *amigo americano* no habría sido posible la España electronuclear. Hay que subrayar, además, que no todos los aliados de Washington lograron construir un reactor nuclear de uso comercial y conectarlo a la red eléctrica, lo cual requiere explicar por qué un país como España, con claras desventajas competitivas (económicas, científicas, tecnológicas, empresariales y financieras) respecto a los más avanzados, se situó entre los pioneros del nuevo paradigma energético.

El capítulo está organizado como sigue. Primero, ofrecemos una síntesis del marco institucional y empresarial de Estados Unidos en la difusión de la economía del átomo. A continuación, analizamos la presencia española en la red formativa de los laboratorios y su peso relativo respecto al de otros países europeos. El siguiente apartado estudia la inserción de estos expertos en el programa de construcción de centrales nucleares. Finalmente, se efectúa un balance sobre las ventajas y dificultades de este peculiar “*nuclear training of foreigners*”.

2.1.1. De la guerra a la paz, la energía nuclear como estrategia geopolítica

Tras Hiroshima y Nagasaki, la administración norteamericana consideró *top secret* todo lo relativo a la actividad tecnológica, económica y militar del átomo. Pero a partir de 1954 se dio un giro de 180°: Estados Unidos comenzó a facilitar a sus aliados el acceso a la tecnología nuclear básica para los usos civiles del átomo (industriales, sanitarios, de investigación), además de la formación y el entrenamiento de especialistas en su manejo. Las exportaciones de bienes de equipo y combustible irradiado quedaban, eso sí, bajo el control tanto de las autoridades norteamericanas (la Atomic Energy Commission-AEC, que simultaneaba funciones regulatorias y de investigación) como de las agencias multilaterales (el Organismo Internacional de Energía Atómica-OIEA), con el fin de evitar su desvío desde la industria civil a la de armamento, tal y como había quedado fijado en la *Atomic Energy Act* de 1954. Además, la actividad de la AEC tuvo que someterse al control del Congreso en una comisión específica que autorizaba los proyectos y las exportaciones de tecnología, y velaba por las cuestiones de seguridad²¹⁷.

La primera Conferencia internacional de Ginebra sobre los usos pacíficos del átomo (1955), bajo el auspicio del Gobierno Eisenhower, propagó que la energía nuclear, además de ser una baza diplomática y una fuente de desarrollo económico, suponía una excelente oportunidad de negocio para la industria y las compañías eléctricas. Por esta vía, Estados Unidos blindaba el monopolio virtual de los negocios atómicos en el mercado de sus aliados. Ninguna otra economía industrial estaba todavía en condiciones de competir con la norteamericana, dada su supremacía tecnológica y financiera. La alianza entre Gobierno, empresas y expertos nucleares, con

²¹⁶ Calvo (2001), Viñas (2003) y Thomas et al. (2022).

²¹⁷ Leffler y Westad (2010).

un sistema regulatorio muy ligado a la industria, fue caracterizada como “triángulo de hierro” (Balogh, 1991). El esquema de intervención situaba en la cúspide al ejecutivo (el Gobierno y, en la dimensión exterior, el Departamento de Estado), cuyas decisiones eran sometidas al control del poder legislativo (el Congreso y el Senado) y, finalmente, al del poder judicial (la Corte Suprema).

Una de las peculiaridades de aquellos años radica en que la tecnología nuclear iba a dar el salto del laboratorio a la explotación comercial muy rápidamente. A veces incluso demasiado rápidamente. La formación y entrenamiento se observaban en Washington como una de las más efectivas vías de transferencia de tecnología hacia el exterior. Había que empezar a amortizar la gigantesca inversión en ensayos y dar el salto a la comercialización. Mientras la construcción de centrales nucleares se expandía de este a oeste en Estados Unidos, perfeccionándose su diseño, potencia, fabricación y operatividad, comenzaba su venta en el mercado internacional gracias al crédito barato del banco público Export-Import Bank (Exim Bank). La venta de equipos y servicios nucleares era contemplada como un medio excelente para corregir los desequilibrios de la balanza de pagos estadounidense²¹⁸. Tras un inicio pausado, las exportaciones despegaron en la segunda mitad de los años sesenta y, sobre todo, en los primeros setenta (Rubio-Varas y De la Torre, 2017a; Rubio-Varas, 2021). Los reactores experimentales aceleraron el paso del ensayo al mercado, de manera que, en 1975, 245 reactores comerciales habían comenzado a construirse en la treintena de países que apostaron por la energía nuclear.



Exposición itinerante “Átomos para la Paz”, inaugurada en la Casa de Campo de Madrid en mayo de 1958. Presentaba al gran público las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear con materiales procedentes de la US AEC y algunas instituciones españolas (JEN, CSIC, Escuelas de Ingenieros Industriales de Barcelona y Bilbao e Instituto Nacional del Cáncer). *Fuente: AGA.*

²¹⁸ De la Torre y Rubio-Varas (2015).



Segunda exposición itinerante patrocinada por la US AEC, “Átomos en acción”, que permaneció en la Ciudad Universitaria de Madrid en abril y mayo de 1964.

Fuente: Biblioteca Hispánica AECID, Fondo Mundo Hispánico.

Casi dos tercios de ellos (unos 100) se construyeron en los propios Estados Unidos por cinco empresas (General Electric-GE, Westinghouse-WE, Babcock & Wilcox-B&W, Combustion Engineering y General Atomic). Otros 80 se erigieron por todo el mundo con tecnología de GE y WE, asistencia financiera del Export-Import Bank y ayuda de la diplomacia económica estadounidense (Rubio-Varas y De la Torre, 2017c). Las propuestas alternativas de Canadá, Reino Unido, Francia y la Unión Soviética apenas tuvieron alcance más allá de sus fronteras, y las que Suecia o Alemania realizaron posteriormente partían en gran medida de diseños norteamericanos.

En ese espacio de tiempo, España consiguió colocarse en el tercer lugar en el ranking de países con mayor proporción de electricidad nuclear sobre la electricidad total producida, convirtiéndose en el séptimo mayor productor nuclear de Occidente²¹⁹. Y lo hizo a base, fundamentalmente, de tecnología norteamericana (exceptuando el reactor francés de Vandellós I, al que se añadiría después el de Trillo desde Alemania occidental)²²⁰. De hecho, hacia 1975, las empresas eléctricas españolas habían convertido a España en el principal cliente nuclear de Estados Unidos, justo por delante de Japón y Corea del Sur (Rubio-Varas y De la Torre, 2017b y c). Los programas nacionales se fueron configurando a través de acuerdos bilaterales y el sistema científico norteamericano brindó a los cuadros de técnicos locales la formación necesaria para operar y mantener los futuros reactores. Veamos en detalle cómo se articuló esta estrategia entre ambos países.

²¹⁹ Central Intelligence Agency-CIA (1974), *Nuclear Power and the Demand for Uranium Enrichment Services*, Washington, Government Printing Office. table 1, p. 4 [CIA Document Number CIA- RDP85T00875R001900030].

²²⁰ Véanse Sánchez-Sánchez (2017), Sanz-Lafuente (2017) y los capítulos de ambas autoras incluidos en este volumen.

2.1.2. El programa estadounidense de “entrenamiento nuclear para extranjeros”

Tras el impulso de “Átomos para la paz” y hasta comienzos de los años sesenta, el Gobierno de Estados Unidos utilizó varias vías de aprendizaje y transferencia de tecnología nuclear a sus aliados²²¹: becas de investigación en reactores y equipos atómicos; el llamado *Sister Laboratory Program*, que fomentaba la colaboración bilateral entre científicos nucleares estadounidenses y de países en desarrollo; donaciones de bibliotecas con material desclasificado; acuerdos comerciales y licencias de patentes; préstamos del Exim Bank para construir centros de investigación en el exterior; servicios de consultoría; y conferencias internacionales²²². Así, se negociaron acuerdos de cooperación bilateral con Gobiernos nacionales y supranacionales (con Euratom desde 1957). En suma, existió una política decidida de transferencia del conocimiento y de la tecnología de vanguardia como instrumento esencial de las relaciones exteriores y los negocios estadounidenses en plena Guerra Fría.

Las autoridades de Washington consideraban que existían cautelas suficientes como para que esta política de apertura al conocimiento compartido no pusiese en peligro la seguridad nacional. Así, se facilitó la especialización de expertos foráneos en ciencia e ingeniería nuclear y materias afines en los llamados laboratorios nacionales (los dos de Argonne y el de Oak Ridge) y en los programas promovidos por el OIEA. La AEC dispuso de una red de laboratorios de investigación que, a mediados de la década de 1950, incluían una decena de instalaciones a lo largo y ancho de Estados Unidos. Los científicos pioneros en la energía nuclear de todo el mundo, incluidos los españoles, pasarían antes o después por esas instalaciones.

Argonne había formado parte en sus orígenes del proyecto Manhattan y protagonizado la construcción del primer reactor nuclear del mundo, el Chicago Pile-1. A finales de los años cuarenta se trasladó al bosque Argonne (hoy Red Gate Woods), donde comenzó a desarrollar reactores destinados al programa de energía nuclear pacífica. Posteriormente se movió a un lugar más grande en Lemont, Illinois, y estableció una ubicación remota en Idaho, llamada “Argonne-West”, para realizar más investigaciones atómicas. Allí se generó la primera electricidad de origen nuclear el 20 de diciembre de 1951. El conocimiento obtenido de estos experimentos fue la base para los diseños de la mayoría de los reactores comerciales electronucleares que se han utilizado hasta la actualidad en todo el mundo, y sigue influyendo en los diseños de reactores de metal líquido para futuras centrales eléctricas²²³.

En conjunto, fueron entrenados varios miles de extranjeros, aunque solo unas pocas docenas recibieron instrucción en tecnologías clave como el enriquecimiento del uranio y su reprocesado. A partir de 1965 el testigo fue cedido por el Gobierno a las universidades y centros de investigación, al considerar que ya estaban en condiciones de proveer del *training* al sector privado. A mediados de los años setenta, se estimaba que se ofrecían

²²¹ La fuente de información principal de este apartado ha sido el informe del GAO 1979, junto a la bibliografía de referencia, en particular Hewlett y Holl (1989).

²²² Por esas vías los logros eran más que notables. Entre 1956 y 1962, 35 países extranjeros se beneficiaron de 11 millones de \$ en becas de investigación y aprendizaje. El programa “Átomos para la paz” donó a 62 naciones y 5 organismos internacionales, entre 1954 y 1968, 87 “bibliotecas atómicas” con más de 60.000 documentos sobre energía atómica, al tiempo que desarrolló diversos programas de colaboración técnica con Euratom, Reino Unido, Suiza, Canadá, Rumanía, India e Israel.

²²³ Argonne National Laboratory, *Our history sparked the nation's future*, <https://www.anl.gov/about-argonne/history>

alrededor de 3.000 cursos en ciencia e ingeniería nuclear en 190 instituciones académicas norteamericanas²²⁴. Entretanto, la exportación de centrales electronucleares aceleró el entrenamiento de extranjeros en las propias centrales, sobre todo en cuestiones relativas a bienes de equipo y gestión de licencias y transferencia²²⁵, aunque no tanto en tecnologías esenciales sobre el combustible y su reprocesado.

Veinticinco años después de su lanzamiento, en 1979, la misma AEC valoraba como muy beneficiosa esa actividad: había creado una comunidad de naciones comprometidas con las salvaguardas internacionales de seguridad nuclear y no proliferación y había puesto en contacto a líderes de gobierno esenciales para la colaboración futura; además, había contribuido decisivamente a las exportaciones de bienes y servicios de la industria nuclear estadounidense. Los Departamentos de Estado y de Energía —responsables directos de esa red formativa— concluían que “la capacitación nuclear del Gobierno anterior fue consistente con las políticas y juicios técnicos de los EE. UU. existentes en ese momento”, y que “las acciones y decisiones pasadas no deben criticarse sobre la base de los estándares revisados actuales”. No obstante, reconocían “áreas grises” en la definición y categorización de los riesgos y las salvaguardas que el TNP había puesto en evidencia. Según la Agencia de Control de Armas y Desarme (DACA, en sus siglas en inglés), el problema radicaba en que armas y energía nuclear dependían de la misma tecnología y usaban el mismo tipo de materiales y de instalaciones, mientras que el TNP establecía compromisos de participación en equipos e información tecnológica exclusivamente para los usos pacíficos del átomo. Por eso, las sospechas recaían sobre ocho de los países que no habían suscrito el acuerdo: Argentina, Brasil, Egipto, Pakistán, Sudáfrica, India, Israel y España, aunque todos ellos eran miembros del OIEA y estaban por tanto obligados a eludir fines militares²²⁶. En suma, el escenario resultaba sumamente complejo. El Grupo de los Suministradores de Equipo Nuclear (Estados Unidos, Gran Bretaña, Alemania Occidental, Francia y la Unión Soviética) compartían la idea de restringir la venta de tecnologías de reprocesado y enriquecimiento de uranio a aquellos que no suscribiesen los acuerdos multilaterales en su integridad, o al menos vigilar estrechamente las exportaciones de bienes de equipo destinadas a centrales electronucleares²²⁷.

De hecho, desde “Átomos para la Paz” había existido el riesgo de que el conocimiento adquirido en energía nuclear civil por extranjeros pudiese acabar siendo aplicado por la industria militar de terceros países. Lo cual no resultaba sencillo. En primer lugar, porque formalmente ambos usos estaban muy delimitados en las instituciones de educación y aprendizaje (no era lo mismo Argonne que Los Álamos). Y, en segundo lugar, el grado de especialización que requería esa alta tecnología implicaba la formación de equipos extensos de expertos en Física, diversas Ingenierías (nuclear, química, metálica, mecánica, eléctrica y de minas), Matemáticas y Computación, además de una presencia menor pero igualmente decisiva de geofísicos, biólogos, médicos, geólogos, juristas y economistas de empresa. Además, no todo gravitaba sobre el sistema norteamericano. Ese proceso de transferencia de conocimiento nuclear, unido a los propios avances de

²²⁴ El número más que duplicaba la capacidad formativa en esas materias en el resto del mundo (hacia 1976, unas 78 universidades de 23 países).

²²⁵ La compra de un reactor estadounidense configuraba el mecanismo de transferencia de tecnología a las empresas promotoras extranjeras, incluyendo el acceso a las patentes, licencias y *know-how*, el aprendizaje vía proyectos llave en mano para el diseño y construcción de la planta, y los servicios de consultoría, asistencia y entrenamiento de las plantillas hasta lograr la plena operatividad en las primeras fases de conexión a la red de alta tensión.

²²⁶ US Government Accountability Office (GAO), 1979 Report.

²²⁷ Más conocido por sus siglas en inglés, el Nuclear Suppliers Group se fundó en 1974 como respuesta a los ensayos de armas atómicas de India, <https://www.nuclearsuppliersgroup.org>

investigación aplicada en las economías industriales, tuvo como resultado que en 1977 al menos 23 países ofreciesen (según un inventario del OIEA) programas de entrenamiento nuclear en instituciones académicas, instancias gubernamentales, promotoras, consultoras y vendedores de reactores²²⁸.

El entrenamiento atómico en Estados Unidos incluía clases teóricas en las aulas, aprendizaje en puestos de trabajo y participación en experimentos de laboratorio en instituciones públicas y privadas. Ofrecemos, a continuación, un balance sintético del número de científicos e ingenieros europeos que realizaron alguna modalidad de formación en Estados Unidos entre 1955 y 1977 (Tabla 2). Son cifras recabadas por el Gobierno y sus agencias a finales de 1979 sobre los profesionales que pasaron por los cursos de especialización de la AEC, los laboratorios nacionales y las instalaciones de las grandes industrias proveedoras de reactores y combustible a los países de origen de esos profesionales. Desafortunadamente, la serie no está anualizada, por lo que no se puede captar la cadencia de los procesos de formación. El total es una cifra prudente y quizás subestima una realidad más compleja, dada la red de laboratorios mixtos diseminados por todo el país. Creemos, en cualquier caso, que resulta representativa del proceso de formación ligado al despliegue de la energía electronuclear desde Estados Unidos hacia la Europa del bloque occidental.

Tabla 2: Número de expertos europeos formados en Estados Unidos, 1955-1977

	AEC	Argonne	Oak Ridge	Industria			
	1955-1977	1955-65	1959-65	1970-77	Total	%	Ratio*
Reino Unido	1.568	47	3		1.571	23,4	30
Alemania Occidental	1.098	47	5	286	1.425	21,2	20
Francia	646	43		80	744	11,1	14
Italia	156	36	11	148	359	5,3	4
Holanda	249	22	1		263	3,9	23
Bélgica	198	21	5	8	223	3,3	23
EURATOM	2.347	169	22	522	3.014	45,2	14
España	162	38	4	280	484	7,2	7
Suiza	302	18	3	86	403	6,0	59
Suecia	220	13		24	254	3,8	31
Austria	200	11		4	217	3,2	30
Grecia	194	5	1		211	3,1	25
Otros países	495	16	3	34	566	8,4	
Total	5.488	291	36	950	6.720	100,0	

*Ratio Investigadores por millón de habitantes.

Fuente: GAO, 1979 Report.

²²⁸ Uno de los casos más relevantes fue el de Abdul Qadeer Khan, ingeniero metalúrgico formado en Bélgica y conocido como "el padre de la bomba atómica de Pakistán",

<https://www.nytimes.com/2021/10/10/obituaries/abdul-qadeer-khan-dead.html>

Los fundadores de la Comunidad Económica Europea (Alemania, Francia, Italia y el Benelux), integrados en Euratom (y a los que se sumaría en 1973 el Reino Unido), movilizaron un 45% de los recursos humanos desplazados a América: solo una minoría asistió a la capacitación en Argonne y Oak Ridge, mientras que los cursos de alta tecnología organizados por la AEC actuaron como principal catalizador. En una segunda posición se registra la actividad de aprendizaje en las plantas de las grandes licenciatarias de centrales electronucleares, básicamente las de Westinghouse y General Electric. La participación española en el *American training* se sitúa en la cuarta posición europea, detrás de las economías industriales de Reino Unido, Alemania Federal y Francia, y por delante de las de Suiza, Suecia, Italia y Bélgica. Se trata de un buen resultado en términos comparativos, dado el peso industrial y tecnológico de España respecto al de cualquiera de esas otras economías. Hemos calculado un indicador relativo que pondera cada uno de los casos, estimando el número de científicos y expertos sobre la población del país. Esta ratio está relacionada con la estructura industrial y la relevancia de los sistemas científicos. El dato español queda muy por debajo del resto de la muestra (incluso respecto a países que se limitaron a recibir un gran laboratorio que no dio lugar a un programa de centrales). Como contraste, nada menos que un 58% de los españoles recibieron su entrenamiento directamente en las instalaciones de Westinghouse y General Electric entre 1970 y 1977 (una cifra muy próxima a la de Alemania). Del resto, el 33% pasó por las instalaciones de la AEC y el 9% lo hizo por los laboratorios nacionales. Ese reparto y su concentración en un período tan breve se explica por la demanda de puestos de alta cualificación para hacer operativas y seguras las centrales electronucleares españolas de segunda generación. Debemos subrayar, no obstante, que previamente hubo un grupo de pioneros que, si bien fue escaso en números relativos, resultó decisivo para colocar a España en la senda científico-tecnológica del átomo, integrándola en la difusión científica internacional y en el mercado mundial de la energía nuclear.

2.1.3. La formación norteamericana de los pioneros españoles

Científicos, ingenieros y empresarios de un país tan atípico en el contexto occidental como España consolidaron sus trayectorias tras su paso, desde los primeros años cincuenta, por los laboratorios y fábricas del país líder en tecnología nuclear. Y lo hicieron con éxito, al lograr situar a España en el reducido grupo de economías capaces de lanzar el reto electronuclear y hacer realidad la idea modernizadora que ligaba desarrollo económico y potencia energética. En ese objetivo coincidieron un gobierno español decidido a impulsar esa novísima forma de energía y un lobby eléctrico local y hegemónico con una visión estratégica global y dispuesto a aprovechar oportunidades de negocio no exentas de riesgo. Aquella fase embrionaria maduró gracias a las facilidades otorgadas a las grandes corporaciones industriales y financieras estadounidenses para vender reactores, uranio enriquecido y capacidades de gestión en España.

La historiografía especializada ha brindado luz sobre ese proceso²²⁹. Los primeros en viajar al otro lado del Atlántico fueron Armando Durán Miranda y José María Otero Navascués en el verano de 1947, poco antes de ponerse al frente de la ciencia nuclear en España (De Andrés, 2005). Para entonces, el agregado naval norteamericano en España había regalado una colección de revistas sobre energía nuclear a la biblioteca del Laboratorio y Taller de Investigación del Alto Estado Mayor de la Armada (LTIEMA), y Otero Navascués, director del LTIEMA y presidente de la Comisión de Física Aplicada del CSIC, había elevado a las autoridades de la nación un informe sobre el gran interés de la investigación nuclear. En septiembre de 1948 se fundaba la Junta de

²²⁹ Excepto que se indiquen otras referencias, este apartado se basa en Rubio-Varas y De la Torre (2018a).

Investigaciones Atómicas (JIA), un organismo de carácter reservado que incluía una sociedad anónima como tapadera (Estudios y Proyectos de Aleaciones Especiales-EPALE), a través de la cual se podía contratar personal y efectuar compras. Es probable que Otero regresara de Estados Unidos ya como miembro de la EPALE, aunque no tenemos constancia explícita. Sí que sabemos que recorrió varios países europeos en 1949 con intenciones declaradamente relacionadas con la energía nuclear (Romero de Pablos, 2000). Los trabajos de Caro (1995), Romero de Pablos y Sánchez-Ron (2001) y Soler (2017) profundizan en las estancias en el extranjero de los científicos de la JIA. Si bien la formación en el exterior de los primeros miembros de la Junta (Ramón Ortiz Fornaguera, Carlos Sánchez del Río y María Aránzazu “Xula” Vigón) se había iniciado entre 1948 y 1949 en Italia, Suiza y Alemania, muy pronto el aprendizaje de estos científicos se desplazó hacia Estados Unidos. Fue, de hecho, gracias a la experiencia en Italia con los físicos Bruno Ferretti y Edoardo Amaldi que Ortiz Fornaguera consiguió negociar una estancia como Research Associate (sin remuneración) entre 1949 y 1950 en el Institute for Nuclear Studies de Chicago bajo la dirección del mismísimo Enrico Fermi. Según se desprende de la correspondencia entre Ortiz y Otero, esta primera estancia en Chicago sirvió, además de para aprender la física nuclear necesaria, “para obtener información sobre desclasificación de documentos, para la adquisición de material tecnológico y para facilitar futuras estancias de personal español en Estados Unidos”²³⁰. En palabras del propio Otero, Ortiz fue “el primer puntal firme” en América²³¹. La Universidad de Chicago se convertía así en uno de los principales centros de formación del personal nuclear español.

En marzo de 1950 el Instituto de Física Nuclear de Chicago abrió sus puertas para que tres investigadores españoles de primera línea, la física Xula Vigón, el ingeniero de telecomunicaciones Rogelio Segovia y el químico Luis Gutiérrez Jodra, realizaran estancias²³². Al final, Segovia se marcharía ese mismo año a Stanford (California), con financiación de la Dirección General de Relaciones Culturales. De esa estancia surgió el primer manual sobre teoría de reactores para los seminarios de la JIA en España sobre “la pila”, que era como Fermi llamaba al reactor. Sánchez del Río y Vigón, basándose en sus experiencias europeas y la documentación recibida de Estados Unidos, prepararon cursos introductorios de materias nucleares para los nuevos científicos que habían entrado como becarios en la JIA y que tendrían una destacada carrera profesional en la Junta de Energía Nuclear (JEN). De estos contactos internacionales de la JIA también surgieron las jornadas sobre Física atómica celebradas en el verano de 1950 en Santander, con la presencia nada menos que de Werner Heisenberg y Samuel K. Allison (director del Institute for Nuclear Studies de Chicago), este último convencido por Ortiz ante la insistencia de Otero (Soler, 2017).

El goteo de estancias de especialistas españoles en Norteamérica se intensificó después de la firma, en septiembre de 1953, de los Acuerdos militares y financieros entre Washington y Madrid, con los que España regresaba al escenario internacional. En diciembre de ese año, el presidente Eisenhower presentaba el Programa “Átomos para Paz” en Naciones Unidas, que aceleraría la ayuda norteamericana al plan español y su posición privilegiada entre el grupo de países beneficiarios de esa transferencia de conocimiento. El programa incentivaba la formación de científicos e ingenieros extranjeros en universidades y laboratorios nacionales atómicos de Estados Unidos. Esa dinámica se completaba con su presencia en las instituciones europeas del átomo (públicas y privadas). Los científicos de la JEN habían logrado ser admitidos como observadores en la sección nuclear de la Organización Europea de Cooperación Económica (OEEC, según su acrónimo en inglés), participaban en las reuniones de la Asociación Europa de Científicos Nucleares y recibían asistencia técnica de

²³⁰ Soler (2017), p. 65.

²³¹ Romero de Pablos y Sánchez Ron (2001), p. 32.

²³² Romero de Pablos (2017), p. 339.

laboratorios europeos²³³. En 1954 ocho expertos de la Junta acudieron a uno de los primeros congresos internacionales sobre energía nuclear, celebrado en Ann Arbor, Michigan²³⁴.

La epifanía cooperativa culminó en 1955, año en que la JEN y la AEC suscribieron un acuerdo de colaboración en materia nuclear civil²³⁵. Ese mismo año, Gutiérrez Jodra y Segovia participaron, junto a Óscar Jiménez Reinaldo y José Antonio Ruíz López-Rúa, de la JEN, en el primer curso de la denominada “International School of Nuclear Science and Engineering” de Argonne. Durante siete meses, se formó a científicos e ingenieros procedentes de Europa (Francia, Bélgica, Suiza, Suecia, Grecia, España y Portugal), América Latina (Argentina, Brasil, Guatemala), Asia (Pakistán, Filipinas, Indonesia, Tailandia), Australia, Egipto e Israel. Recibieron formación teórica y práctica sobre química, ingeniería química, física, metalurgia e ingeniería de reactores en las que se consideraban las instalaciones más avanzadas del mundo occidental para el aprendizaje atómico y sus aplicaciones científicas y comerciales²³⁶. Tras el acuerdo bilateral de 1955, una comisión del Comité para la Energía Atómica del Congreso y Senado norteamericano visitó los laboratorios de la JEN²³⁷. Otero, por su parte, viajó a Washington junto a otros expertos de la JEN (Sánchez del Río, Segovia, Ruíz López-Rúa, Jodra y Antonio Colino) para continuar los contactos con la AEC, que les ofreció la posibilidad de construir un reactor experimental en las instalaciones de Moncloa. Además, fueron recibidos en los principales laboratorios de energía atómica en Oak Ridge, Nueva York, Detroit, Chicago, Denver, Los Ángeles y Columbus. Lo más llamativo en esta ocasión fue su presencia en la Feria de la Industria Atómica en la capital federal, donde concurrieron muchas firmas industriales que ya habían exhibido sus productos de maquinaria nuclear en la primera Conferencia de Ginebra. La delegación española pudo estudiar diversos tipos de reactores experimentales. Uno de ellos fue el que acabó comprándose a General Electric en junio de 1956 y se denominó JEN I²³⁸. Según algunos testimonios, esa fue la primera exportación nuclear de General Electric al mercado mundial, lo que situaba a España como “la primera nación europea en llevar a la práctica sus acuerdos con Estados Unidos”²³⁹. Quedaba así establecida la red de contactos y conocimientos por la que pasaría gradualmente el personal altamente especializado que exigiría el programa de centrales comerciales. Fue el arranque de una puesta al día permanente en materia de operatividad, seguridad y control radiológico, que implicó un flujo continuo de libros, materiales, instrumental y equipos fabricados en Estados Unidos²⁴⁰.

²³³ U.S. National Archives and Records Administration, Foreign Office 371 125 244.

²³⁴ Soler (2017), p. 96.

²³⁵ Acuerdo firmado en Washington por el presidente de la AEC Lewis L. Strauss y el embajador de España en Washington José María de Areilza. Caro (1995), p. 65.

²³⁶ Hilberry (1959), pp. 47 y ss. El curso incluía estancias en instalaciones nucleares diseminadas por todo Estados Unidos (ABC, 20/09/1955, pp. 17-18). En los años sucesivos se impartieron en Argonne otros cursos del mismo tipo, precedidos de sesiones introductorias en las Universidades de Pensilvania y Carolina del Norte. En estos cursos participaron técnicos de la JEN, de otros organismos públicos como el INI, y de empresas eléctricas y de ingeniería. Agradecemos esta información a Luis Palacios.

²³⁷ Caro (1995), p. 441.

²³⁸ ABC, 5/10/1955, p. 32, que amplía la información de Caro (1995), p. 77. La gira transcurrió entre el 3 y el 28 de octubre de 1955. En mayo de 1956 Otero y el presidente de la Dirección General de la Energía Atómica, el general Hernández Vidal, se reunieron con Strauss y visitaron instalaciones atómicas en Long Island (Nueva York), Columbus (Ohio), Pittsburgh, Chicago (Argonne) y California (Berkeley). ABC, 26/5/1956, p. 40, y 25/5/1956, p. 33.

²³⁹ Entrevista a Agustín Alonso para el proyecto europeo *History of Nuclear Energy and Society* (HoNESt) el 26 de mayo de 2016. Esta afirmación se recoge también en ABC, 29/5/1956, p. 33.

²⁴⁰ Entre otros equipos, a la JEN llegaron un acelerador de partículas tipo Van der Graaff en 1956 y un ordenador para cálculo científico Universal Automatic Computer (UNIVAC) en 1960. Sánchez y López (2021), p. 88.



Firma del acuerdo de cooperación nuclear entre España y Estados Unidos, 1955.
Fuente: Biblioteca de la Universidad de Alcalá de Henares.

Si volvemos a los datos de la Tabla 2 y los cruzamos con los de la plantilla de titulados superiores que trabajaban en la JEN a comienzos de los años sesenta²⁴¹, se puede ponderar el número de expertos formados en los laboratorios nacionales del país líder en tecnología atómica entre 1955 y 1965. *Grosso modo*, alrededor de un 14% de la plantilla de la agencia nuclear española había pasado por los cursos de especialización de Argonne y Oak Ridge²⁴². En un marco institucional que aún aspiraba a la autarquía, la estrategia de Otero Navascués de quemar etapas a través de la internacionalización del personal español había funcionado con un éxito sorprendente. El número de titulados superiores y medios de la Junta había crecido muy rápidamente entre 1956 y 1958, coincidiendo con la puesta en funcionamiento de las instalaciones y del primer reactor experimental en la Ciudad Universitaria de Madrid, así como de la fábrica de concentrados de uranio en Andújar y la planta de agua pesada en Sabiñánigo. La plantilla aumentó de manera más escalonada en los primeros años sesenta, conforme se añadieron nuevas áreas de investigación²⁴³. Lo logrado en tan poco tiempo fue muy importante para el sistema científico español. Es cierto que, en términos cuantitativos y comparados con Gran Bretaña,

²⁴¹ Quince años después de su creación, la JEN reunía cerca de 300 titulados superiores, repartidos entre las cuatro Direcciones Técnicas de Física y Cálculo de Reactores (23%), Química e Isótopos (15%), Plantas Industriales (materiales, metalurgia e ingeniería, 36%) y Geología y Minería (19%), además de la Sección de Medicina y Protección (el 10% restante), Archivo del Banco de España, IEME (ABE-IEME), C. 133. Estos datos duplicaban el número de “ingenieros, licenciados y doctores” de 1957. *ABC*, 23/05/1957, p. 40.

²⁴² Podemos citar, además de los ya mencionados, a Agustín Alonso, Helios Bergua, Albert Carbó, Carlos Fernández Palomero, José García Fité, Francisco Oltra, Luis Palacios, Ramón Rocher y Guillermo Velarde, entre otros, que desempeñaron papeles importantes en diversas actividades en los años posteriores. Información de Luis Palacios.

²⁴³ Junta de Energía Nuclear (1966).

Francia o la Alemania federal, el tamaño del sistema creado para el conjunto de actividades de investigación aplicada de la JEN era modesto, y el empleo directo generado quedaba por debajo del de los países europeos industriales²⁴⁴. No obstante, suponía la mayor concentración de investigadores en un campo científico (y su tecnología asociada) de todo el sistema español de ciencia y tecnología.

En las potencias occidentales existía un tejido industrial poderoso que actuaba como garantía de un flujo permanente entre el laboratorio y la empresa. España distaba de ese modelo. La base industrial era inferior y los ingenieros nucleares escaseaban. De hecho, la misma JEN actuó como centro de aprendizaje de los ingenieros encargados de gestionar cada uno de los grandes talleres de experimentación de la reacción en cadena, la resistencia de los materiales y la manipulación del uranio natural. A partir de la institucionalización de la investigación atómica, el perfil del científico (físico, matemático, químico) dejó de ser exclusivo. En palabras de Otero, el reactor experimental de Moncloa permitiría “producir ingenieros especializados”, “formar y extender el núcleo de técnicos de la edad atómica, de [los] que España carece casi por completo”²⁴⁵. Superada la fase en que los laboratorios nacionales habían creado “un clima adecuado para que los mejor dotados” se incorporasen a la red, tocaba ahora “especializar al personal investigador, aprendiendo nuevas técnicas” en los países de vanguardia “mediante un *training on the job* (sic)”²⁴⁶. Los ingenieros y los *mánagers* iban a irrumpir en la búsqueda de la formación y aprendizaje nuclear en Estados Unidos, tanto en las universidades y laboratorios nacionales como, cada vez más, en las empresas relacionadas con la industria nuclear.

2.1.4. Del laboratorio al mercado: la “americanización” de ingenieros y *mánagers*

Las eléctricas españolas, por su parte, también habían formado unas plantillas de ingenieros muy cualificados y acostumbrados a colaborar con expertos extranjeros en macroproyectos. Es probable que esa mejora de sus capacidades se beneficiase de los programas de intercambio de ingenieros españoles y estadounidenses puestos en funcionamiento a partir de 1953²⁴⁷.

Los jefes de empresa que presidían las grandes eléctricas observaron enseguida que, en un país con severas restricciones hidráulicas y petrolíferas, la nuclear habría de ser una fuente de negocio. Encomendaron esa tarea a algunos profesionales muy experimentados en el terreno industrial, aunque aún estuviesen averiguando la magnitud del desafío tecnológico que implicaba la energía nuclear. Debemos distinguir dos perfiles de ingeniero: aquellos que iban a desempeñar funciones ejecutivas globales (las propias de un *Chief Executive Officer*, desde lo industrial, comercial y financiero a las relaciones gubernamentales e institucionales) y, en

²⁴⁴ Hacia 1965 la energía atómica ocupaba a 38.000 trabajadores en Reino Unido, 28.000 en Francia, 8.100 en la Alemania occidental y 1.900 en España (cifra que incluye el empleo total). El complejo tecnológico de la JEN contaba con un número de científicos similar a los de los laboratorios más pequeños de Alemania. Sanz-Lafuente (2017), p. 188.

²⁴⁵ Declaraciones de Otero en Washington, *ABC*, 29/5/1956, p. 33.

²⁴⁶ Coloquio de la Sociedad Europea de Energía Atómica (Lisboa, 1961). Ponencia a cargo de la JEN sobre “Evolución de la colaboración internacional”, ABE-IEME, C. 133.

²⁴⁷ Discurso del embajador John D. Lodge a la “nueva promoción de ingenieros industriales” becados con destino a Norteamérica, *ABC*, 26/5/1956. Sobre el programa estadounidense de ayuda técnica a España, remitimos a Álvaro-Moya (2011).

un segundo nivel, aquellos que iban a actuar directamente, a pie de obra, en cada una de las fases de construcción, ensamblaje, criticidad y conexión de una central a la red de suministro electronuclear. Conforme se fue definiendo el programa de reactores, que reclamaban para sí las empresas privadas, la JEN decidió incluir en sus planes de aprendizaje a los ingenieros, aunque la División de Ingeniería no se creó hasta 1961. Para entonces, algunos jóvenes egresados de las Escuelas Superiores de Madrid, Bilbao y Barcelona en las distintas ramas de la Ingeniería Industrial (mecánica, química, materiales, eléctrica) ya habían recibido formación en las instalaciones de la Junta e iniciado su periplo norteamericano. Reconstruir algunas de estas trayectorias profesionales permite someter a prueba esta hipótesis.

En primer lugar, analizamos un grupo muy selecto de ingenieros, los que llegaron a ser auténticos artífices de la estrategia nuclear, asumiendo funciones de liderazgo empresarial, gerencia de proyectos, internacionalización, difusión y divulgación pública, así como la articulación de un lobby. Conocían de primera mano lo que se estaba haciendo en Europa y, sobre todo, en Estados Unidos desde al menos 1945. Incluso algunos habían trabajado en tareas directivas en filiales norteamericanas en la Península Ibérica antes de la Guerra Civil. Sabían de las limitaciones de una economía como la española y de las ventajas de actuar en escenarios más abiertos a la competencia. Pronto detectaron la excelente oportunidad que lo nuclear brindaba a su profesión. Ya en 1946 el ingeniero de ICAI José Ignacio Martín Artajo, recién regresado de Estados Unidos y hermano del entonces ministro de Exteriores, impartió una conferencia en Madrid ante altos cargos militares y un grupo de ingenieros industriales para informarles de cómo se había desarrollado el proyecto Manhattan y de las expectativas que podía ofrecer a la industria española (Martín Artajo, 1946). Entre 1947 y 1949 un grupo de técnicos españoles gestionó el proyecto del tren Talgo en Pensilvania, uno de los estados con mayor presencia de la incipiente industria nuclear norteamericana. De hecho, en los mismos talleres en que se diseñó el Talgo estaban fabricándose prototipos de reactores experimentales. Desde 1954 hubo presencia española en el Atomic Industrial Forum, es decir el lobby de la industria estadounidense, creado en 1953 para conectar con el mercado internacional. Por todo ello, resulta lógico que algunos *mánagers* de empresa formasen parte de la delegación española que acudió a la Conferencia de Ginebra en agosto de 1955²⁴⁸.

Nada más regresar de Suiza, un grupo de esos consejeros-delegados de las eléctricas se entrevistaron con el general Franco para hacerle saber sus intenciones (Gutiérrez-Cortines, 1957). El programa atómico debía corresponder al capital privado. Y para ello crearon dos consorcios empresariales, fiel reflejo del reparto del mercado eléctrico entre grandes productores, Nuclenor y Cenusa²⁴⁹.

La principal responsabilidad de ambas alianzas estratégicas recayó en dos de esos ingenieros industriales con trayectoria internacional, conocedores de primera mano de los avances de la industria norteamericana y europea, y entusiastas ante el reto que significaba la producción de electricidad nuclear. Manuel Gutiérrez-Cortines y Jaime Mac Veigh Alfós fueron los líderes de unos proyectos empresariales de largo recorrido. De la mano de los gigantes atómicos estadounidenses —General Electric y Westinghouse—, junto al Exim-Bank y la banca privada de Nueva York, estos CEO activaron un programa muy ambicioso que incluía la industrialización de un sector nuevo en España, el ciclo integral del combustible y el aprendizaje intensivo de sus técnicos y operarios (De la Torre, Rubio-Varas y Sanz-Lafuente, 2018). La mejor prueba de que el aprendizaje esencial

²⁴⁸ Romero de Pablos (2012), p. 48. Según fuentes norteamericanas, a esa primera cita en Ginebra asistieron 1.428 delegados de 73 naciones.

²⁴⁹ Centrales Nucleares del Norte SA (Nuclenor) agrupaba a Iberduero y Electra de Viesgo, y Centrales Nucleares SA (Cenusa) a Unión Eléctrica Madrileña (UEM), Hidroeléctrica Española (HE) y Sevillana de Electricidad (SE).

de estos mánagers fue norteamericano nos la ofrece Mac Veigh con su presencia en reuniones académicas y citas comerciales en Chicago o Pittsburgh, y más aún con el contenido y solvencia de su publicación de 1957 sobre “un programa de energía nuclear en España” (sin menospreciar los contactos con británicos, alemanes y franceses). La viabilidad económica de su plan se nutría, entre otras fuentes, de las actas de las conferencias de 1954 y 1955 de la *Atomic Energy in Industry*, del congreso *Nuclear Engineering and Science* celebrado en Cleveland en diciembre de 1955, y del *World Wide Industrial Role of Nuclear Engineering* de noviembre de 1956 (además de las revistas *Nucleonics Magazine*, *Nuclear Engineering* y la alemana *Atom Wirtschaft*). El liderazgo de Mac Veigh y Gutiérrez-Cortines, ingenieros a la vez que promotores, fue incuestionable en esa primera generación del despliegue nuclear²⁵⁰. En expresión afortunada de tres expertos, hacia 1956 “la energía nuclear se había desplazado del laboratorio científico al tablero de dibujo del ingeniero” y “se desliza en forma rápida a la fase comercial”²⁵¹.

El segundo perfil de ingeniero que se desarrolló en España fue el de quienes debían hacer posible la construcción de las centrales nucleares a pie de obra. La energía nuclear actuó como una oportunidad profesional para la técnica y la ingeniería ante un reto tecnológico inédito e ilusionante. Un ejemplo paradigmático de la conexión entre formación teórica e industrial fue el Laboratorio de Ensayos Industriales de Bilbao (LBEIN)²⁵², adscrito a la Escuela de Ingenieros y dirigido por Leandro José de Torrontegui, que además era consejero-delegado de la Babcock & Wilcox Española y había estado presente en la Conferencia de Ginebra. Desde su nacimiento, este laboratorio, establecido como un patronato financiado por empresas privadas, sumó a sus ensayos la técnica nuclear al objeto de formar ingenieros, lo que culminó en 1962 con la conexión del Reactor Arbi, el tercer prototipo de ensayo tras los de Moncloa (JEN I) y Barcelona (Argos) (Barca Salom, 2006). La colaboración entre instituciones fue clave y propició el protagonismo ineludible del ingeniero nuclear.

Uno de ellos fue Francisco Albisu Carrera. Recién concluidos sus estudios de Ingeniería, fue fichado por Torrontegui como primer empleado del área nuclear del LBEIN. Meses después, en enero de 1956, la JEN organizó el primer “Curso de Introducción a la Ingeniería Nuclear”, en el que participó un grupo de once nuevos ingenieros²⁵³ dispuestos a viajar a distintas universidades de Estados Unidos para completar su especialización atómica²⁵⁴. Albisu estaba entre ellos y, desde septiembre de 1956 a junio de 1957, realizó en el MIT, junto al químico de la JEN Fernando Saleta, el “Master of Science in Nuclear Engineering”. Poco después de finalizar su estancia en Boston recibió a Gutiérrez-Cortines, que en aquel momento diseñaba la central Ebro-Bilbao (la futura Garoña) y recurrió a la asesoría del LBEIN. El consejero-delegado de Nuclenor quería conocer de primera mano las ofertas norteamericanas de reactores. El mánager y el ingeniero viajaron a Estados Unidos durante tres semanas de octubre de 1957. Recorrieron instalaciones científicas e industriales y mantuvieron contactos con instituciones gubernamentales y financieras en Nueva York, Chicago, San José, Pittsburgh, y Washington. El diario de ese viaje ha sido sacado a la luz por Romero de Pablos, que ofrece un relato detallado de cómo se

²⁵⁰ Su informe confidencial al entonces director del Instituto Español de Moneda Extranjera, Gregorio López Bravo, consejero de la JEN y futuro ministro de Industria, pudo ser decisivo en la búsqueda de argumentos económicos que inclinasen el programa de centrales nucleares a favor de las promotoras privadas. Mac Veigh (1957) y De la Torre y Rubio-Varas (2015), pp. 109-112.

²⁵¹ *Euratom. Informe de los Tres Sabios de mayo* de 1957. Véase capítulo sobre Euratom en este volumen.

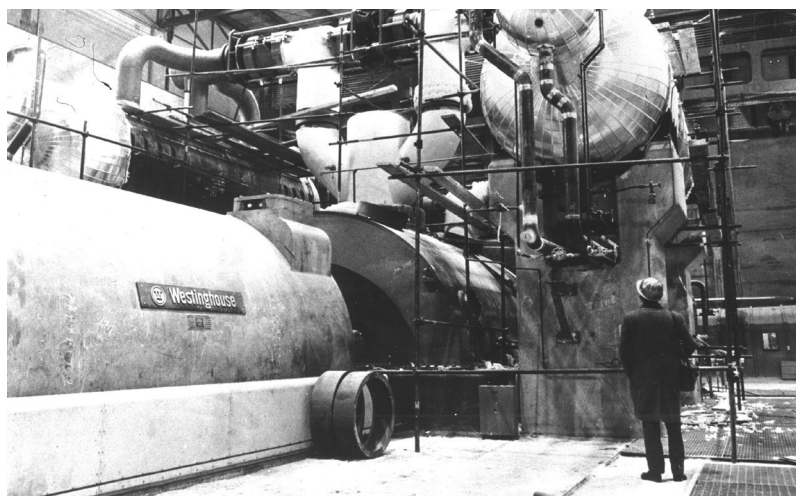
²⁵² <http://aunamendi.eusko-ikaskuntza.eus/eu/fundacion-labein/ar-83914/>

²⁵³ En Acosta (2022), p. 93, se dan más detalles y se incluye una fotografía de aquella primera promoción.

²⁵⁴ Rubio-Varas y De la Torre (2018a), Romero de Pablos (2019). Una parte sustantiva de estas notas proceden de las conversaciones mantenidas con Paco Albisu (Bilbao, diciembre de 2017 y enero de 2018).

maduró ese proyecto de central y en el que están identificadas todas las piezas del ecosistema nuclear americano²⁵⁵.

Esa emergencia del papel ascendente del ingeniero quedó manifiesta en la gestión del proyecto DON para la Junta de Energía Nuclear, un reactor de uranio natural moderado por agua pesada y refrigerado por líquido orgánico (Deuterio Orgánico Natural)²⁵⁶. La idea de Otero de disponer de un reactor enfocado a la investigación del ciclo de combustible fraguó en 1958 a raíz de una estancia de ingenieros en Estados Unidos, organizada por la JEN para recopilar información y mejorar su aprendizaje. Se seleccionaron tres equipos de españoles para instruirse en la vanguardia de tres empresas nucleares norteamericanas, Westinghouse en Pittsburgh, Atomics International en Los Ángeles y General Electric en San José, California. Albisu participó en el último de estos equipos²⁵⁷. Fue así como el LABEIN estuvo preparado para la recepción y puesta en marcha del reactor Arbi en Bilbao a partir de 1962. Este reactor no solo se empleó con fines docentes —adiestrar a futuros ingenieros nucleares—, sino que desde su arranque realizó centenares de pruebas de radiación y de producción de isótopos al servicio de la ciencia y de la industria²⁵⁸. Una de las primeras decisiones que tomó la consultora de ingeniería bilbaína SENER al apostar por incorporar a su cartera los contratos de centrales nucleares, en 1969, fue fichar a



Central nuclear de Zorita. Alternador y turbina.

Fuente: Biblioteca Hispánica AECID, Fondo Mundo Hispánico.

²⁵⁵ Romero de Pablos (2019), pp. 69-75.

²⁵⁶ Este proyecto tuvo como socio a Atomics International y se realizó en Los Ángeles, con la participación de físicos e ingenieros de la JEN y del INI, entre otros centros (ahí estaban Alonso, Velarde, Oltra y Palacios, por ejemplo). El trabajo continuó en las instalaciones de Moncloa con la colaboración de la ingeniería Bechtel para la parte no estrictamente nuclear y con la realización de prototipos de combustible y otras actividades relacionadas con varios elementos del futuro reactor. El DON no llegó a realizarse, al perder predicamento el uso del uranio natural. Agradecemos nuevamente a Luis Palacios esta información.

²⁵⁷ Junto a Ruiz López-Rúa (JEN), Álvarez de Toledo (WH española), Urrutia (B&W), Melches, Fustel, Osuna, Bosch, Goded, etc.

²⁵⁸ Véanse los números 7 y 8 (1967) de la revista Ensayos e Investigación. *Revista de los Laboratorios de Ensayos e Investigación Industrial*, y el Archivo personal de F. Albisu.

Francisco Albisu. Para entonces la JEN ya no actuaba como intermediaria. Las grandes empresas productoras de energía nuclear formaban a sus técnicos en los centros e industrias de Estados Unidos.



Obras de construcción del reactor de la central nuclear de Garoña. Fuente: SNE.



El jefe del Estado, Francisco Franco, escucha las explicaciones del consejero delegado de Nuclenor, Manuel Gutiérrez-Cortines, sobre la central nuclear de Santa María de Garoña. Junto a ellos, José M^o López de Letona, ministro de Industria, y Laureano López Rodó, comisario del Plan de Desarrollo, Burgos, 21/9/1971. Fuente: EFE.

2.1.5. El ‘baby boom’ de los ingenieros nucleares (1964-1984)

No obstante, el gran acelerador de la carrera profesional de ingeniero nuclear fue el programa de centrales alumbrado en 1964 por el Ministerio de Industria, que dejaba en manos privadas buena parte del negocio electronuclear²⁵⁹. Fue entonces cuando se consolidaron los estudios universitarios en esa disciplina y se multiplicaron las oportunidades de empleo. El éxito de las primeras centrales, suministradas mediante contratos “llave en mano”, dependió estrechamente del entrenamiento de los ingenieros locales, que a priori carecían de las capacidades necesarias para garantizar esa transferencia tecnológica tan compleja²⁶⁰. De hecho, la negociación de los contratos de reactores implicaba acordar las vías de asistencia técnica con los proveedores (un reducido número de grandes empresas)²⁶¹. Según algunos testimonios del sector industrial, la fórmula “llave en mano” limitó la presencia en primera línea de los técnicos nucleares y solo mejoró cuando se optó por los contratos tipo “joint venture” a finales de los sesenta y comienzos de la década siguiente. El boom nuclear en toda Europa occidental situó entonces a los especialistas españoles en una posición ascendente, dado que el despliegue del megaproyecto hispano se convirtió en un referente internacional.

Antes de que se pusiese la primera piedra de los proyectos de las centrales nucleares de Zorita (1964-1968) y Garoña (1965-1971), los contratistas norteamericanos brindaron asistencia técnica y entrenamiento al personal local, primero a un lado y otro del Atlántico y, finalmente, *in situ*, en la propia planta. Los equipos de los dos proyectos realizaron estancias de formación en Pittsburgh y San Diego, en los centros de Westinghouse y General Electric, además de visitas a las agencias y los laboratorios. La construcción de Vandellós I (1966-1972) y Trillo I (1975-1988) actuó en el mismo sentido, ampliando el contacto con la industria nuclear francesa y alemana, respectivamente²⁶². La demanda creciente de profesionales proyectaba una imagen de éxito académico y empresarial, y de prestigio social, del ingeniero nuclear en la España del desarrollismo manufacturero²⁶³. El número de estudiantes de las Escuelas Industrial y Naval creció de manera ininterrumpida entre 1970 y 1985. Según los datos de Caro, los 150 profesionales que se especializaron como ingenieros nucleares en la primera etapa llegaron a la cifra de 300 en pleno boom atómico²⁶⁴. Después de la moratoria de 1983 la trayectoria se invirtió. Mientras tanto, las consultoras de ingeniería (públicas, privadas y mixtas) desplegaron una estrategia de crecimiento y fusiones para alcanzar el tamaño adecuado con el que asegurar con garantías la consecución de los miles de contratos que implicaba construir una decena de centrales en poco más de quince años (sobre el papel figuraban, al menos, otros 14 proyectos).

Algunas empresas se habían creado ex profeso para el programa atómico (por lo general, con un socio exterior) y otras incorporaron esa especialidad desde sectores ligados a grandes infraestructuras (petroquímica, construcción, electrotecnia, etc.). Fue el caso de la bilbaína SENER (citado supra) o el de las de las sociedades de ingeniería del Instituto Nacional de Industria (INI). Todas estas firmas reclutaron ingenieros nucleares²⁶⁵. La

²⁵⁹ Rubio-Varas y De la Torre (2018b) y Sánchez y López (2021).

²⁶⁰ Véase Acosta (2022), cap. 1.

²⁶¹ Así lo recomendaba la JEN en sus informes, disponibles en el Archivo de la Sociedad Estatal de Participaciones Industriales (ASEPI), caja 4912.

²⁶² Estos contactos se exponen con detalle en los capítulos correspondientes del libro.

²⁶³ Al respecto, Gutiérrez-Cortines (1972) y Nuclear Engineering International (1972).

²⁶⁴ Caro (1980). Mismas impresiones en *News from Westinghouse Europe-NfWE* (mayo 1983, p. 10), haciendo referencia a la WNR española.

²⁶⁵ De la Torre, Rubio-Varas y Sanz-Lafuente (2018) y Sanz-Lafuente (2017).

cooperación con empresas extranjeras alcanzó una escala mayor al acelerar la participación de empresas locales en la manufactura de componentes y elevar las exigencias a la casa suministradora de la central. Se trataba de incrementar la transferencia de *know how* y mejorar la coordinación de los trabajos.

Creció por tanto la demanda de capital humano formado en ingeniería, y algunas firmas convirtieron la formación en el eje principal de su actividad. Así ocurrió en Ibernuclear desde 1971. Esta empresa de servicios había sido creada por las grandes compañías eléctricas con el objetivo de impulsar la fabricación de elementos combustibles que formaba parte del plan de industrialización nuclear que impulsó el ministro López de Letona entre 1969 y 1971. Finalmente, ese encargo recayó directamente sobre el INI y se formalizó en la Empresa Nacional del Uranio SA (ENUSA). Lo cierto es que la idea de construir centrales nucleares de propiedad pública iba ganando terreno y aumentaría el mercado de trabajo y las tensiones entre el ente público y el lobby electronuclear²⁶⁶. El consejo de Ibernuclear adoptó la decisión estratégica de especializarse en “la gestión del combustible en el núcleo del reactor” (*in core fuel management*), es decir, “dedicarse a la formación del equipo” humano y así no depender de los expertos norteamericanos. Ese programa formativo tan específico lo había comenzado la JEN en 1970 con un grupo de 8 técnicos superiores, e incluía un entrenamiento de 9 meses en Estados Unidos, en el uso de códigos de cálculo para la gestión del combustible y el diseño del núcleo del reactor. En palabras de un alto cargo del Instituto, la Junta debía seguir actuando como “semillero y criba” de ingenieros. En la estela de la Junta, lo interesante del grupo de Ibernuclear es que fue dirigido por un ingeniero de caminos que reclutó un equipo de 10-12 personas de “alto nivel” (dominado por ingenieros de técnicas energéticas, y con presencia de físicos e informáticos), que trabajaban en las promotoras electronucleares y algunos “tenían ya una preparación básica nuclear”. Se consideraba esencial la compra de códigos de cálculo y programas de gestión²⁶⁷. Se estaba avanzando paralelamente en la ingeniería informática, esencial en la operatividad y la gestión del riesgo en las plantas. La consultora encargada del curso en Estados Unidos fue la misma que había contratado la JEN, NUS Corporation, que ofrecía entrenamiento durante nueve meses en la gestión de los servicios nucleares, y en particular la gestión intranuclear del combustible. A su regreso, los ingenieros ocuparían cargos en las centrales en activo “hasta alcanzar el perfeccionamiento en un plazo” mínimo de tres años, de tal modo que “el primer grupo de personas en el futuro pueda ayudar a formar a otros” especialistas, con lo que se reduciría el coste de la formación.

La empresa de ingeniería Tecnatom, fundada en 1957 a iniciativa de Mac Veigh, inició en la central de Zorita, bajo la dirección de los científicos de la Junta y la asistencia extranjera de los ingenieros de Bechtel y WAPSCO, su especialización en la formación de los equipos de las plantas nucleares españolas. Los ingenieros del equipo directivo de Zorita se entrenaron en la central de Saxton (Pensilvania)²⁶⁸, pero a finales de 1967 ya contaban en Zorita con una Escuela de Jefes de Turno y Operadores funcionando a pleno rendimiento²⁶⁹. El caso de la central de Garoña fue similar. Su futuro equipo directivo se entrenó en los reactores Arbi de la ETS de Bilbao y

²⁶⁶ ENDESA y ENHER eran las dos empresas del INI con proyectos en ciernes de centrales nucleares. Acta del Consejo de Ibernuclear, 26/11/1974, ASEPI, caja 527.

²⁶⁷ El programa contaba con un presupuesto de 274 millones de pesetas para el período 1975-1978, de los que la formación representaba unos 25 millones cada año. *Íbidem*.

²⁶⁸ <http://33011.activeboard.com/t4697058/saxton-nuclear-power-plant/>

²⁶⁹ *Energía Nuclear*, nº 50, 1967. Entre titulados superiores, especialistas y auxiliares, una planta del tamaño de Zorita requeriría en teoría de unas 55 personas una vez conectada. No obstante, en la fase de culminación de las obras, es decir, cuando más personal especializado hacía falta, hubo 89 técnicos españoles (de la JEN, UEM y Tecnatom) y 49 norteamericanos (de Westinghouse y Zachry).

en los JEN-1 y JEN-2 de Madrid, además de realizar prácticas en la central nuclear Electric Garigliano (Italia) y en diversas térmicas españolas y atómicas estadounidenses, culminando en las propias instalaciones de Garoña las tareas de montaje y arranque del reactor “en estrecha colaboración con el constructor principal y sus subcontratistas”²⁷⁰. Esta senda de aprendizaje estimuló el nacimiento de algunas consultoras de ingeniería que se bregaron en el programa de segunda generación de centrales electronucleares, como la empresa pública INITEC (1970) y la privada Empresarios Agrupados (1971).

La senda de aprendizaje resultaba también esencial para los expertos atómicos extranjeros, inmersos en un proceso de experimentación y mejora continua que pasaba de los planos a las obras sin apenas intervalos y de lo más complejo a lo aparentemente más sencillo²⁷¹. El proyecto de Lemóniz, en la costa de Vizcaya, es un buen ejemplo de la transferencia de tecnología mediante la integración en los equipos de dirección de expertos estadounidenses y españoles (algunos de ellos con previa formación nuclear en Estados Unidos, bien académica, bien *on the job*)²⁷². Westinghouse se responsabilizó del suministro del equipo principal (reactor y turbogrupos) desde su oficina de coordinación en Bilbao, realizando una contratación conjunta para las centrales de Lemóniz, Ascó y Almaraz²⁷³. La gestión integral de la ingeniería básica correspondió al grupo PEMO (Project Engineering Management Office), formado por técnicos de diferentes disciplinas de ingeniería de la estadounidense Bechtel, suministradora de la ingeniería básica, y la española Iberduero, dueña de la central²⁷⁴. En PEMO se integraron también, a efectos de coordinación, un técnico de la española SENER (Getxo, Vizcaya), empresa privada encargada de la ingeniería de detalle de la isla nuclear, y otro de AUXIESA (Madrid), empresa pública a la que se confió la ingeniería de detalle de la parte convencional. La ingeniería civil, incluyendo el diseño de los edificios de contención del reactor, corrió a cargo de la propia Iberduero. La dirección del conjunto del proyecto de Lemóniz se atribuyó al directivo de Iberduero Miguel Barandiarán, siendo James Hume, jefe del equipo de Bechtel desplazado a Bilbao, y Cliff Naylor, director de la oficina de Westinghouse en Bilbao, las otras grandes cabezas visibles de PEMO.

Esa creciente “cooperación efectiva” entre empresas multinacionales y españolas permitió que la ingeniería española acometiese con éxito el proceso de internacionalización, rasgo esencial del negocio atómico. La mejor muestra de la calidad del ingeniero nuclear español se comprueba en su pronta incorporación a equipos internacionales. Unos pocos ejemplos lo ilustran. El más elemental es la vía de entrada a través de los suministradores norteamericanos y europeos. La composición de los *site teams* en la fase de ensamblaje, criticidad y

²⁷⁰ La senda de aprendizaje en De la Torre y Rubio-Varas (2018a), pp. 126-127, y De la Torre et al. (2022).

²⁷¹ Baste señalar, por ejemplo, cómo la revista *Energía Nuclear* se hacía eco de la Conferencia de Londres, en marzo de 1967, en la que se presentó lo último en investigación y desarrollo del empleo de hormigón prensado en vasijas para reactores de todo tipo. Su aplicación a edificios de contención se estaba teniendo en cuenta en la planta de Guadalajara. España parecía un ensayo clave para el futuro de los PWR. *Energía Nuclear*, 1967, nº 46, pp. 172-173.

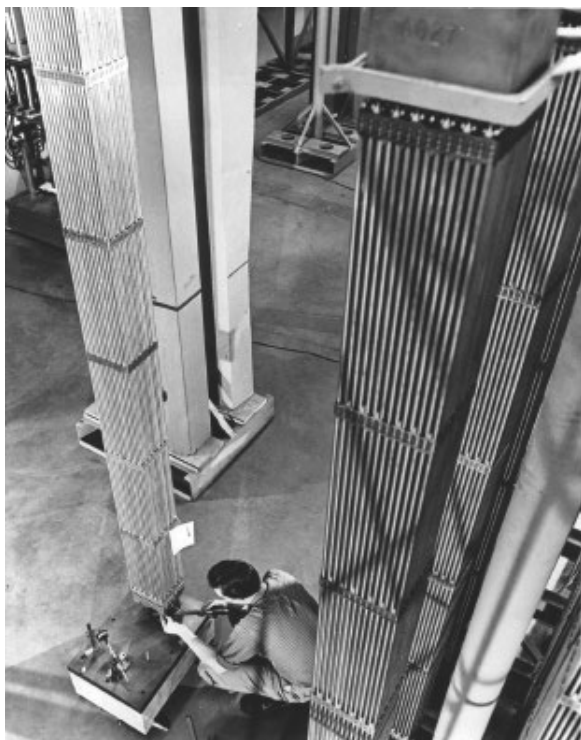
²⁷² Entre los miembros del equipo de PEMO con formación previa en Estados Unidos, podemos citar a Miguel Barandiarán (MIT), Javier Olaso (I&C, en GE) y Adolfo González de Ubieta (en GE, primero en Safety Analysis Reports, en San José, California, y después como nuclear startup engineer, en la central de Nine Mile Point 1, en Oswego, New York). Debemos esta última información a Adolfo González de Ubieta.

²⁷³ El sistema de generación de vapor se fabricaba en Tampa (Florida) y se ensamblaba en B&W Bilbao, mientras que las vasijas de los reactores procedían de B&W Mount Vernon. La llegada de ese equipo se esperaba en Lemóniz en septiembre de 1974 y estaba previsto conectar el primer reactor en diciembre de 1976. *NfWE*, vol. I, nº 1, junio 1974, p. 3.

²⁷⁴ En conjunto el equipo de PEMO integraba a 25 personas, incluyendo personal administrativo.

conexión a red combinaba el trabajo de expertos de diversas nacionalidades y que ya contaban con experiencias en el arranque de otras centrales. Así, el grupo de Puesta en Marcha de Ascó I (*the start-up group*) reunía a seis ingenieros de Pittsburgh, tres ingenieros mecánicos que habían pasado por reactores atómicos en Corea del Sur y Eslovenia, y dos españoles a cargo de la sala de control y de la ingeniería eléctrica.

El volumen multimillonario de proyectos que, a comienzos de los setenta, Westinghouse debía gestionar y coordinar en Europa occidental exigió una reorganización de sus departamentos en la sede de Bruselas (sede estratégica muy próxima a la de Euratom). Nació así Westinghouse Nuclear International-Europe (WNI-E), crisol de expertos nucleares ingleses, canadienses, holandeses, franceses, españoles, suizos, italianos, alemanes y estadounidenses. En 1973 se creó un nuevo departamento separado funcionalmente de la División de Servicios de Pittsburgh, el Operating Plant Services Department (OPS)²⁷⁵, que desde el primer momento contó con ingenieros españoles, como José Guinovart, miembro del equipo responsable de las centrales de Tihange (Bélgica) y las de EDF (Francia), y Julio Cuadrado, encargado de la transferencia tecnológica a las plantas de Zorita,



Inspección de los elementos combustibles destinados a Zorita en la fábrica de Westinghouse en Cheswick, Pensilvania, antes del embalaje para su envío a España. Fuente: AGA.

²⁷⁵ El OPS actuaba en tres áreas: (1) Project Function, en la que ingenieros y técnicos mantenían comunicación constante con el promotor a lo largo de la fase de construcción para proporcionar asistencia técnica (desde el sistema de vapor al reactor); (2) Service Function, centrado en la transferencia de la tecnología y el equipo nuclear de la central estadounidense a Europa (combustible, mantenimiento y reparación, inspección, etc.); y (3) Renewal Parts Sales, para el suministro de repuestos en plantas operativas. El grupo se reunía semanalmente para intercambiar experiencias e información de cada proyecto. Entre los españoles que en algún momento lo integraron, es de justicia mencionar también a Mariano Oyarzábal y Fernando Pérez Naredo. NfWE, vol. 5, mayo 1983, p.5.

²⁷⁶ Esa división reunía un mánager italiano, seis ingenieros (un británico, un belga, un pakistaní y un alemán, junto a los dos españoles) y tres técnicos (dos belgas y un yugoslavo).

Almaraz y Ascó en España²⁷⁶. Son solo unos pocos nombres de los cerca de 300 especialistas que pasaron por el sistema científico y empresarial estadounidense entre 1970 y 1977, convirtiéndose en protagonistas de aquella apuesta industrial y empresarial que fue el despliegue de la energía nuclear en España. Toda esa acumulación de conocimiento y experiencias permitió a las empresas de ingeniería y bienes de equipo franquear la moratoria e iniciar un exitoso proceso de internacionalización que llega a la actualidad.

2.1.6. Una alianza consolidada en un mercado global (1985-2023)

Los flujos de capital humano han tenido continuidad desde entonces y hasta el tiempo presente. Al fin y al cabo, con las excepciones de Vandellós I y Trillo, todas las centrales nucleares que se conectaron a la red eléctrica en España, así como las empresas públicas de combustible nuclear en Salamanca (ENUSA) y de equipamientos nucleares en Santander (ENSA), habían adquirido tecnología desarrollada en Estados Unidos, por lo que ambas partes convinieron un marco de cooperación institucional e industrial que debía ser recíproco, estable y fluido. La joven democracia española adoptó relativamente pronto el esquema regulador de la agencia estatal norteamericana, la Nuclear Regulatory Commission (NRC), heredera de la Atomic Energy Commission (AEC), pero que, a diferencia de esta separaba la función de regulación de la de promoción de la energía nuclear²⁷⁷. En 1979 el parlamento español aprobaba un nuevo Plan Eléctrico Nacional que redimensionaba a la baja el programa de centrales heredado del régimen anterior y, a la vez, creaba el nuevo marco institucional que separaba regulación e investigación de la promoción de la industria atómica, en pleno contexto posterior al accidente de Three Mile Island. Nació así el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), un organismo independiente de la administración del Estado al que competía esa materia y la protección radiológica en las instalaciones nucleares y radioactivas diseminadas por toda la geografía española (de centrales a fábricas de componentes, hospitales, laboratorios y centros de investigación). Todo ello implicaba mantener relaciones de intercambio y cooperación con organismos similares de otros países y de instituciones multilaterales (la OCDE/NEA, el OIEA y la Comunidad Económica Europea).

Los informes del CSN al Congreso de los Diputados y al Senado entre 1981 y la actualidad²⁷⁸, además de la documentación en abierto que ofrece la propia NRC²⁷⁹, dan buena cuenta de la colaboración bilateral hispano-estadounidense. Los acuerdos “para intercambio de información y cooperación en materia de seguridad”, renovados cada cinco años, se establecieron primero con la JEN en 1974 y 1979, y luego con el CSN desde su creación. Dado que el objetivo primordial de la NRC era garantizar el buen funcionamiento de la tecnología nuclear exportada fuera de Estados Unidos, el intercambio de información técnica, la formación de personal y

²⁷⁷ Evolución de la regulación nuclear americana en Walker y Wellock (2010), cuya referencia agradecemos a Alfonso de la Torre.

²⁷⁸ Disponibles en versión electrónica en la web del CSN desde 1999 y en papel los anteriores.

²⁷⁹ En la sección *Report Safety Concern* de la NRC se pueden rastrear las relaciones entre ambos organismos. Dos ejemplos ilustran esa cooperación. En 1987 Luis Echávarri y José Villadóniga, miembros del CSN, visitaron las instalaciones de la Virginia Electric and Power Company (<https://www.nrc.gov/docs/ML2023/ML20236R126.pdf>). En el año 2000 Agustín Alonso asistió a la reunión sobre “Water Reactor Safety”, que generó un informe en el que la NRC recoge de manera exhaustiva las actividades compartidas, destacando dos cuestiones: 1) el programa de residuos y el acuerdo entre ENRESA y la US Nuclear Assurance Corporation (1994), por el que se accedía a la tecnología NAC-STC para el almacenamiento de residuos de alta radioactividad, y 2) la excelente calidad de los ingenieros del CSN que cumplían su plan de formación en la NRC (<https://www.nrc.gov/docs/ML0101/ML010160163.pdf>)

el entrenamiento de los expertos españoles en instalaciones norteamericanas han sido la norma. Ese job-training se realiza tanto en los centros de operaciones de la NRC como en centrales electronucleares de similares características técnicas a las construidas en España. De hecho, las regulaciones del CSN adoptaron las de la NRC. Simultáneamente, los ingenieros y científicos estadounidenses han visitado enclaves españoles y participado en encuentros de inspección técnica, formación y puesta en común de ensayos y avances en seguridad y protección, análisis de experiencia operativa, licenciamiento de reactores, gestión de residuos y modificación de protocolos (en particular tras los accidentes de Chernóbil en 1986 y Fukushima en 2011, o la amenaza terrorista tras el 11-S de 2001)²⁸⁰. Asimismo, han funcionado acuerdos de colaboración en investigación de riesgos, materiales, códigos de computación e incorporación de instrumentación digital en centrales nucleares, además de gestión de residuos y de incidentes, con gran satisfacción por ambas partes (CSN, 2000).

No obstante, todo fue mucho mejor después de que España, por fin, se adhiriese al Tratado de No Proliferación en 1987. El celo de la NRC en el control sobre las exportaciones de material nuclear para algunas de las centrales de segunda y tercera generación había sido uno de los factores que retrasó su conexión a la red eléctrica en los primeros años ochenta²⁸¹. Después, la agencia norteamericana ha vigilado las exportaciones de uranio enriquecido y componentes nucleares para las instalaciones españolas. Otro elemento de discrepancia entre los dos Gobiernos ha sido la gestión de las tierras contaminadas por plutonio en Palomares y Villaricos (Almería). Tras el accidente de 1966, Estados Unidos y España trabajaron conjuntamente en la vigilancia y control radioactivo y de salud de los habitantes de la comarca. Primero la JEN y después el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) han cooperado con el Departamento de Energía estadounidense en las discusiones técnicas para rehabilitar esos terrenos. No obstante, pese al acuerdo de 2015, que estableció que España se encargaría de la limpieza y Estados Unidos se llevaría las tierras radioactivas al desierto de Nevada, el problema prevalece sin resolver²⁸². Ello no ha impedido la colaboración entre el CIEMAT y las instituciones norteamericanas, que han mantenido contactos constantes en consorcios internacionales de grandes proyectos de I+D+i como el de fusión nuclear ITER, en el ámbito de la física de altas energías y también en energías renovables y ciencias biomédicas. Asimismo, la NRC y el centro español intercambian experiencias en materia de seguridad nuclear²⁸³.

Finalmente, las ingenierías españolas han logrado penetrar en el mercado nuclear de Estados Unidos. Aunque el programa de centrales español no alcanzó las dimensiones previstas, tras el recorte del plan en 1979 y la moratoria de 1983, los reactores que se fueron conectando a la red han exigido hasta la actualidad la colaboración permanente entre reguladores e ingenieros de uno y otro lado del Atlántico. Una parte del grado de internacionalización logrado por firmas españolas, como Tecnatom o Empresarios Agrupados, ha estado vinculado

²⁸⁰ Como ya había enseñado la experiencia de TMI, el reto de mejorar la formación del personal adscrito a las centrales reforzó esa misión de la NRC y propició el nacimiento del Institute of Nuclear Power Operations (INPO) para monitorizar y evaluar los estándares apropiados de seguridad en plantas de todo el mundo y que se extendió tras Chernóbil a través de la World Association of Nuclear Operators (WANO), con presencia hispana desde el principio. Informes del CSN (1987 y 2012) y <https://www.inpo.info/>

²⁸¹ Un conflicto analizado en “¿Halcones y palomas? Riesgo geopolítico e impacto medioambiental de las exportaciones de tecnología nuclear, c. 1968-1986”, comunicación presentada al XIII Congreso Internacional de la Asociación Española de Historia Económica (Sesión Plenaria 2), Bilbao, septiembre de 2022.

²⁸² Un estado de la cuestión en <https://elpais.com/clima-y-medio-ambiente/2023-10-05/2023-se-perfila-ya-como-el-ano-mas-calido-jamas-registrado-tras-un-septiembre-tambien-record.html>

²⁸³ El portal <https://www.ciemat.es> permite acceder a diversa documentación sobre las actividades de investigación relativas a Palomares, así como a diversos encuentros bilaterales con equipos e instituciones norteamericanos.

a las excelentes relaciones hispano-estadounidenses. De hecho, la NRC consideró clave el papel del CSN para establecer vínculos con los países latinoamericanos que habían construido centrales nucleares entre 1974 y 1995²⁸⁴. Esa senda ha permitido en el medio y largo plazo que consultoras españolas compitan en el mercado de Estados Unidos. Por ejemplo, Tecnatom USA se estableció en 2014 para dar soporte a sus actividades en esa zona del mundo. Junto a la empresa estadounidense Innerspec ha formalizado en 2017 la *joint venture* FarField NDT para proporcionar servicios especiales de inspección en todo tipo de centrales térmicas. En 2023 ha firmado un acuerdo de colaboración con Westinghouse y Accelerant Solutions para lanzar un programa de formación nuclear para las empresas eléctricas de Estados Unidos y Canadá²⁸⁵. En suma, una empresa creada en 1957 para el mercado ibérico, y cuyo primer contrato fue con Westinghouse para construir la central nuclear de Zorita, actúa hoy en el mercado global.

Conclusión

España había creado, en definitiva, un sistema científico situado en la cumbre tecnológica en una situación socioeconómica muy débil, que partía prácticamente de la nada, y que, sobre todo, respondía a los principios básicos de la autarquía²⁸⁶. Su éxito relativo fue generar, con muy pocos recursos, una estructura científico-tecnológica en un ámbito inédito a base de acelerar la formación en el exterior de especialistas. Ese fue su gran activo, dotarse de un capital humano solvente y de un stock de conocimiento de vanguardia a un coste muy competitivo. Sin embargo, no dejaba de ser un proyecto que permaneció vinculado a las exigencias y requisitos de la economía política incluso cuando ésta fue modificada entre 1959 y 1962. Los dirigentes de la Junta actuaron convencidos de que el reactor y el combustible “fabricados en España” bajo el impulso del Estado era metas que, tarde o temprano, se alcanzarían.

Parecían obviar tres elementos básicos: uno, para convertir el conocimiento teórico en una aplicación industrial se requiere un ecosistema empresarial y productivo avanzado; dos, la inversión en desarrollo tecnológico seguía siendo paupérrima en comparación con la de las economías industriales (“no hay ahora estómago en España para esta capacidad ... ni bolsillo”, en palabras de Mac Veigh en 1961); y, tres, las decisiones políticas fueron determinantes y el giro en las directrices económicas posteriores a 1959 relegó a un segundo plano el protagonismo de la JEN.

En ese sentido, el dilema entre estado y mercado acabó siendo reformulado: los promotores privados pudieron emprender sus proyectos importando el modelo tecnológico del país líder, Estados Unidos, aunque bajo la tutela del Gobierno, que se encargó de facilitar las importaciones tecnológicas confiando en un aprendizaje rápido y en el éxito de esa industria emergente. El liderazgo de algunos de los ingenieros, bien conectados con el mercado internacional (sobre todo el norteamericano) y con el Gobierno, fue esencial. Estos ejecutivos-jefe desempeñaron simultáneamente funciones propias de su formación técnica (diseño y dirección de proyectos) y otras menos advertidas de naturaleza político-institucional (negociadores con autoridades

²⁸⁴ Así, los operadores para las centrales de México, Argentina y Brasil se formaron en las instalaciones de Tecnatom. Empresarios Agrupados dio soporte de ingeniería en el diseño, ensayo y conexión de Laguna Verde, Angra y Atucha. Informe de L. Echavarrí en <https://www.nrc.gov/docs/ML2023/ML20236R126.pdf>

²⁸⁵ <https://www.tecnatom.es/>

²⁸⁶ Así lo recogen las anteriores publicaciones de la SNE, Soler (2017), Romero de Pablos (2019) y Sánchez y López (2021).

gubernamentales y organismos atómicos nacionales e internacionales) y comercial-financiera (gestores de compras de bienes de equipo y combustible nuclear y de créditos, dentro y fuera de España). Mientras tanto, se había acumulado un capital humano suficiente para emprender el programa de centrales comerciales, que seguiría además mejorando sus procesos de aprendizaje (ingeniería, industria, logística y servicios de seguridad y operación) en conexión con la industria y los sistemas científicos-técnicos estadounidense y europeo.

La primera etapa del despliegue atómico en España había sentado las bases para sumarse al grupo de los países pioneros de la electricidad de origen nuclear, con unas capacidades bien entrenadas en operatividad, seguridad y control que jugarían a su favor cuando, tras la moratoria nuclear de 1983, el sector optase por la internacionalización de sus empresas. La integración en Europa y en la economía mundial lo iba a facilitar. Por más dura que resultase la paralización del proyecto electronuclear, en realidad, haciendo de la necesidad virtud, esta adversidad acabó actuando como una oportunidad para las empresas y los expertos españoles, que podían, ahora sí, competir en el exterior. La segunda etapa, en suma, confirmó el acierto de la apuesta. En ambas, el *amigo americano* resultó un factor clave que ha permanecido constante hasta la actualidad.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, Faustino, coord. (2022), *El desarrollo de la industria nuclear en España. Contexto y retos empresariales*, Madrid, Sociedad Nuclear Española.

ÁLVARO-MOYA, Adoración (2011), "Guerra Fría y formación de capital humano durante el franquismo. Un balance sobre el programa estadounidense de ayuda técnica, 1953-1963", *Historia del Presente*, 17, pp. 13-25.

BALOGH, Brian (1991), *Chain reaction. Expert Debate and Public Participation in American Commercial Nuclear Power*, Cambridge, Cambridge University Press.

BARCA SALOM, Francesc X. (2006) "Les aplicacions dels isòtops a la indústria durant el franquisme", *Quaderns d'Historia de l'Enginyeria* VII, pp. 1-44.

CALVO, Óscar (2001), "¡Bienvenido Mister Marshall! La ayuda económica americana y la economía española en la década de 1950", *Revista de Historia Económica*, 19, nº Extraordinario, pp. 253-275.

CARO, Rafael et al., eds. (1995), *Historia Nuclear de España*, Madrid, Sociedad Nuclear Española.

CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY-CIA (1974), *Nuclear Power and the Demand for Uranium Enrichment Services*, Washington, Government Printing Office,

[CIA Document Number CIA- RDP85T00875R001900030].

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR-CSN (1981-2022), *Informes al Congreso de los Diputados y al Senado*, Madrid, CSN.

DE ANDRÉS, Juan Ramón (2005), *José María Otero de Navascués Enríquez de la Sota, Marqués de Hermosilla: La baza nuclear y científica del mundo hispánico durante la Guerra Fría*, México D.F., Plaza y Valdés.

DE LA TORRE, Joseba y RUBIO-VARAS, Mar (2015), *La financiación exterior del desarrollo industrial español a través del IEME, c. 1950-1982*, Madrid, Banco de España.

DE LA TORRE, Joseba y RUBIO-VARAS, Mar (2018), "Learning by doing: the first Spanish nuclear power plant", *Business History Review*, 92 (1), pp. 29-55.

DE LA TORRE, Joseba, RUBIO-VARAS, Mar y SANZ-LAFUENTE, Gloria (2018), "Engineers and scientist as commercial agents of the Spanish nuclear program", en D. Pretel y L. Camprubí, L., eds, *Technology and Economic Globalisation: Networks of Experts in World History*, Palgrave Macmillan, pp. 313-340.

DE LA TORRE, Joseba, RUBIO-VARAS, Mar, SÁNCHEZ, Esther M. y SANZ-LAFUENTE, Gloria (2022), "Nuclear engineering and technology transfer: The Spanish strategies to deal with US, French and German nuclear manufacturers, 1955-1985", *Business History*, 64 (8), pp. 1435-1459.

FONTANA, Josep (2011), *Por el bien del Imperio. Una historia del mundo desde 1945*, Barcelona, Pasado y Presente.

GUTIÉRREZ-CORTINES, Manuel (1957), *Las centrales atómicas en los programas de construcción de las empresas eléctricas*, Madrid, Círculo de la Unión Mercantil e Industrial de Madrid.

GUTIÉRREZ-CORTINES, Manuel (1972), "Nuclear Industry in Spain", *Nuclear Engineering International* 17, 188, pp. 31-32.

HEWLETT, Ricard y HOLL, Jack A. (1989), *Atoms for Peace and War, 1953-1961: Eisenhower and the Atomic Energy Commission*, Berkeley, University of California Press.

HILBERRY, Norman (1959), "The utilization of the Trained Scientist", en *Science in the Americas. Cooperation of the Scientists and Engineers of the Americas in Furthering Scientific Training and Research*, Washington D.C., National Research Council.

HOBBSAWN, Eric J. (1995), *Historia del siglo XX*, Barcelona, Crítica.

JUDT, Tony (2005), *Postguerra. Una historia de Europa desde 1945*, Madrid, Taurus.

JUNTA DE ENERGÍA NUCLEAR (1966), *Memoria Bienio 1964-1965*, Madrid, Ministerio de Industria.

LEFFLER, Melvyn P. y WESTAD, Odd A., eds (2010), *The Cambridge History of the Cold War*, vols. I-III, Cambridge, Cambridge University Press.

MAC VEIGH, Jaime (1957), *Ensayo sobre un Programa de Energía Nuclear en España*, Madrid, Banco Urquijo.

MARTÍN ARTAJO, José Ignacio (1946), *La Energía Atómica: sus características y su aplicación para fines militares*, Madrid, Instituto Católico de Artes e Industrias.

NUCLEAR ENGINEERING INTERNATIONAL (1972), *Survey of Spain*, número especial.

PÉREZ FERNÁNDEZ-TURÉGANO, Carlos (2016), *José María Otero Navascués. Un marino comprometido con el desarrollo nuclear de España*, Madrid, Sociedad Nuclear Española.

ROMERO DE PABLOS, Ana (2000), "Un viaje de José María Otero Navascués. Los inicios de la investigación nuclear en España", *Arbor*, 167, pp. 509-525.

ROMERO DE PABLOS, Ana (2012), "Energía nuclear e industria en la España de mediados del siglo XX. Zorita, Santa María de Garoña y Vandellós I", en N. Herran y X. Roqué, eds., *La Física en la Dictadura. Físicos, cultura y poder en España, 1939-1975*, Bellaterra, Universitat Autònoma de Barcelona, pp. 45-63.

ROMERO DE PABLOS, Ana (2019), *Las primeras centrales nucleares españolas. Actores, políticas y tecnologías*, Madrid, Sociedad Nuclear Española.

ROMERO DE PABLOS, Ana y SÁNCHEZ RON, José Manuel (2001), *Energía nuclear en España: De la JEN al CIEMAT*, Madrid, Ministerio de Ciencia y Tecnología.

RUBIO-VARAS, Mar (2021), "The Changing Economic Context Influencing Nuclear Decisions", en A. Kaijser, M. Lehtonen, J. H. Meyer y M. Rubio-Varas, eds., *Engaging the Atom: The History of Nuclear Energy and Society in Europe from the 1950s to the Present*, Morgantown, West Virginia University Press, pp. 52-82.

RUBIO-VARAS, Mar y DE LA TORRE, Joseba (2017b), "Seeking the perennial fountain of world's prosperity", en M. Rubio-Varas y J. De la Torre, eds., *The Economic History of Nuclear Energy in Spain. Governance, Business and Finance*, London, Palgrave, pp., 1-31.

RUBIO-VARAS, Mar y DE LA TORRE, Joseba (2017c), "How did Spain become the major US nuclear client?", en M. Rubio-Varas y J. De la Torre, eds., *The Economic History of Nuclear Energy in Spain. Governance, Business and Finance*, London, Palgrave, pp. 119-152.

RUBIO-VARAS, Mar y DE LA TORRE, Joseba (2018a), "American Nuclear Training. Científicos, ingenieros y empresarios españoles en los Estados Unidos del desarrollo atómico", en L. Camprubí, X. Roqué, y F. Sáez de Adana, eds., *De la Guerra Fría al calentamiento global. Estados Unidos, España y el nuevo orden científico mundial*, Madrid, Catarata, pp. 85-109.

RUBIO-VARAS, Mar y DE LA TORRE, Joseba (2018b), "Electricidad nuclear y procesos de aprendizaje: el papel de Westinghouse y de General Electric en la experiencia española (c. 1955-1973)", *Revista de Historia Industrial*, 74, pp. 107-136.

RUBIO-VARAS, Mar y DE LA TORRE, Joseba, eds. (2017), *The Economic History of Nuclear Energy in Spain. Governance, Business and Finance*, London, Palgrave.

SÁNCHEZ, Esther M. (2017), "An Alternative Route? France's Position in the Spanish Nuclear Program, c. 1950s-1980s", en M. Rubio-Varas y J. De la Torre, eds., *The Economic History of Nuclear Energy in Spain. Governance, Business and Finance*, London, Palgrave, pp. 155-186.

SÁNCHEZ, Esther M. y LÓPEZ, Santiago M. (2021), *Historia del uranio en España. De la minería a la fabricación del combustible nuclear, c. 1900-1986*, Madrid, Sociedad Nuclear Española.

SANZ-LAFUENTE, Gloria (2017), "The Long Road to the Trillo Nuclear Power Plant: West Germany in the Spanish Nuclear race", en M. Rubio-Varas y J. De la Torre, eds., *The Economic History of Nuclear Energy in Spain. Governance, Business and Finance*, London, Palgrave, pp. 187-215.

SARJAR, Jayita (2022), *Ploughshares and Swords. India's Nuclear Program in the Global Cold War*, Ithaca NY, Cornell University Press.

SOLER, Pablo (2017), *El inicio de la ciencia nuclear en España*, Madrid, Sociedad Nuclear Española.

THOMAS, Joan Maria et al. (2022), *Franco, Estados Unidos y Gran Bretaña durante la Primera Guerra Fría*, Madrid, Biblioteca Comillas.

VIÑAS, Ángel (2003), *En las garras del águila. Los pactos con Estados Unidos. De Francisco Franco a Felipe González (1945-1995)*, Barcelona, Crítica.

WALKER, Samuel J. y WELLOCK, Thomas R. (2010), *A Short History of Nuclear Regulation, 1946-2009*, US National Regulatory Commission.

Capítulo 2.2 El referente francés. Francia y el desarrollo del sector nuclear español

ESTHER M. SÁNCHEZ SÁNCHEZ

Este capítulo analiza la contribución de Francia al desarrollo del sector nuclear en España. Francia se convirtió en un referente mundial en investigación nuclear desde épocas muy tempranas, gracias al trabajo pionero de grandes científicos como Henri Becquerel, que descubrió la radiactividad del uranio, Marie y Pierre Curie, que identificaron el radio, e Irène y Frédéric Joliot-Curie, responsables del descubrimiento de la radiactividad artificial. Durante la II Guerra Mundial, algunos científicos franceses trabajaron en laboratorios canadienses y estadounidenses como parte del proyecto Manhattan, que acometió la fabricación del primer reactor nuclear (Chicago Pile 1) y las primeras bombas atómicas (de uranio y plutonio). Al término del conflicto armado, la investigación se retomó con fuerza en la Francia libre de la Alemania nazi.

Tras algunos años tensos en la inmediata posguerra, la colaboración de Francia con España en materia nuclear creció exponencialmente, manifestándose de formas muy diversas: asesoramiento, cesión de equipos y tecnologías, intercambio de publicaciones, y acuerdos de cooperación industrial y científico-técnica, entre otros, que llevaron a numerosos especialistas a cruzar regularmente los Pirineos en una y otra dirección.

El texto que sigue está estructurado en cuatro apartados, además de la introducción y las conclusiones. El primero aborda, de forma muy somera, la trayectoria histórica del programa nuclear francés. En el segundo se presentan los orígenes, características e hitos principales de la cooperación nuclear entre España y Francia. El tercero está dedicado a la central nuclear de Vandellós I, ubicada en la costa este de España. Por último, el cuarto recoge algunos de los grandes proyectos de cooperación bilateral que, con mayor o menor éxito, se materializaron después de Vandellós I.

2.2.1. Francia, potencia nuclear

Las dos grandes instituciones que liderarían en Francia las cuestiones nucleares se crearon justo al término de la II Guerra Mundial. En 1945 se fundó el Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA), con la misión de "impulsar y coordinar la investigación nuclear en todos los ámbitos de la ciencia, la industria y la defensa nacional"²⁸⁷. Al año siguiente, se nacionalizó el sector eléctrico, tras la absorción por Électricité de France (EDF) de unas 1.300 empresas productoras y distribuidoras de energía eléctrica²⁸⁸. La gestión de ambos organismos quedó en manos de una élite de altos funcionarios e ingenieros (*Corps des Mines* y *Corps des Ponts et Chaussées*), con

²⁸⁷ "Ordonnance n° 45-2563 du 18 octobre 1945 instituant un Commissariat à l'Énergie Atomique", *Journal Officiel de la République Française*, 31/09/1945. Los comienzos del CEA en Reuss (2007) y Foasso (2007).

²⁸⁸ Historia de EDF en Morsel (1996).

interlocución directa con el Estado y acceso a información privilegiada (los “nucleócratas”²⁸⁹). El Estado potenció, además, la creación de grandes grupos industriales, como el Groupement pour l’Industrie Atomique (Indatom, 1955), el Groupement Atomique Alsacienne-Atlantique (GAAA o G3A, 1959) y la Société d’Études et d’Entreprises Nucléaires (SEEN, 1965), en los que se integraron varias decenas de grandes empresas, públicas y privadas, relacionadas con el átomo (entre ellas los *champions nationaux* Empain-Schneider, Compagnie Générale d’Électricité, Pechiney-Ugine Kuhlman y Sant Gobain Pont-à-Mousson).



Equipo científico del CEA en 1946. Sentados Pierre Auger, Irène Curie, Frédéric Joliot, Francis Perrin y Lew Kowarski; de pie Bertrand Goldschmidt, Pierre Biquard, Léon Denivelle y Jean Langevin. Fuente: CEA.

Los primeros reactores nucleares, instalados en Châtillon, Saclay y Marcoule, se destinaron a la investigación y a la producción de plutonio militar. En los años cincuenta, se conectaron a la red los primeros grupos para la generación de energía eléctrica: Chinon I (1963), Chinon II (1965), Chinon III (1966), Chooz (1967), Saint Laurent des Eaux I (1969) y Saint Laurent des Eaux II (1971). Todos ellos utilizaron una tecnología de concepción francesa, basada en la combinación de uranio natural como combustible, grafito como moderador y gas carbónico como elemento de refrigeración (UNGG)²⁹⁰. El uso de uranio natural reflejaba la voluntad francesa de lograr una mayor independencia respecto a Estados Unidos (que fabricaba en monopolio el uranio enriquecido en el bloque occidental), y en consecuencia lograr un mayor peso en el concierto internacional de la Gue-

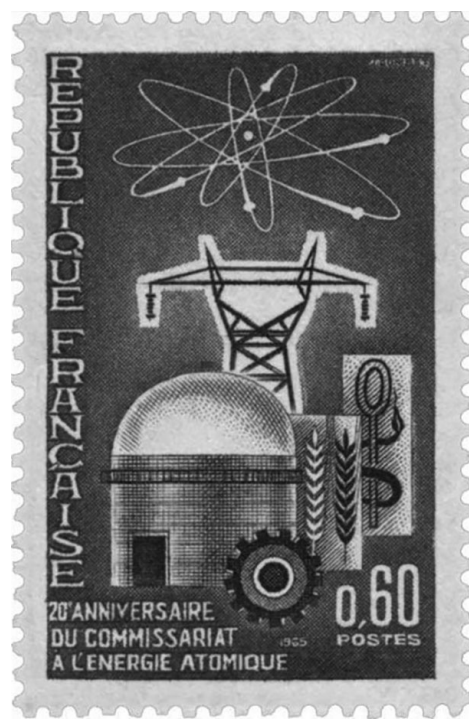
²⁸⁹ El primero en utilizar el término fue el periodista Philippe Simmonot (1978).

²⁹⁰ En realidad, la materia prima, el uranio natural, era más barata que el uranio enriquecido. Pero los costes de construcción y explotación de las centrales francesas (aún en fase semi-industrial) eran superiores a los de las centrales americanas (con mucha más experiencia). Sobre los orígenes y desarrollo de la tecnología UNGG, y sus características diferenciales frente a los reactores PWR y BWR, remitimos a Weart (1980), Lamiral (1988), Hecht (2001, 2004) y Dänzel-Kantof y Torres (2013). Gran Bretaña también aplicó en sus inicios una tecnología similar a la UNGG (reactores Magnox). Construyó once plantas nacionales y exportó sendas unidades a Italia y Japón antes de abandonarla en beneficio del uranio enriquecido. Taylor (2016).

rra Fría (eran los años de *la Grandeur*²⁹¹). Francia contaba con reservas crecientes de uranio tanto en la metrópoli (divisiones de La Crouzille, Grury y Lachaux) como en las colonias (Gabón y Níger, fundamentalmente)²⁹², además de capacidad tecnológica y financiera para acometer los procesos de concentrado y conversión. Los reactores UNGG tenían un atractivo adicional: generaban plutonio en cantidad superior a los reactores de agua ligera. Este plutonio era susceptible de ser utilizado tanto en proyectos civiles (reactores rápidos o supergeneradores) como militares (armamento atómico), cuyo control quedaba fuera de Estados Unidos y el OIEA²⁹³.

En aquella época en la que varios tipos de reactores pugnan por hacerse un hueco en el mercado, los responsables franceses realizaron numerosos estudios sobre las prestaciones de la tecnología UNGG. Todos ellos demostraron su menor rentabilidad económica frente a las tecnologías estadounidenses rivales, que se encontraban en un estadio industrial más avanzado e internacionalizado. No obstante, anteponiendo los imperativos de la política y la defensa nacional a la racionalidad económica, Francia construyó un total de diez reactores de tipo UNGG (uno de ellos en España)²⁹⁴. En los años sesenta, la opción UNGG fue perdiendo fuerza. Contaba con férreos defensores en el CEA y el Gobierno del general De Gaulle, pero desde EDF y otras grandes empresas como Schneider y Alstom emanaban críticas cada vez más difíciles de soslayar²⁹⁵. Esta *guerre de fillières* se resolvió en 1969 a favor de la tecnología americana. El director general de EDF Marcel Boiteux reconoció oficialmente el abandono de la tecnología francesa, una “bella pero costosa realización tecnológica [...] que ha de dejar paso a procedimientos más rentables”²⁹⁶. Fue entonces cuando la compañía Franco-Américaine de Constructions Atomiques (Framatome), del grupo Empain-Schneider, compró las licencias PWR a Westinghouse, que a su vez adquirió el 48% del capital social de Framatome.

Pese al afán de independencia, la realidad era que buena parte de los procedimientos nucleares franceses entroncaban con los estadounidenses, adquiridos por diversas vías: científicos e ingenieros franceses formados al otro lado del Atlántico, cursos para altos dirigentes empresariales y responsables gubernamentales organizados en París en el marco de la campaña “*Atoms for Peace*” (v.g. el “Atomic Energy Course for



Sello emitido con motivo del 20 aniversario del CEA en 1965.

Fuente: CEA.

²⁹¹ Vaïsse (1998).

²⁹² Paucard (1992-1996), Blanc (2008) y Hecht (2012).

²⁹³ Francia no firmó el Tratado de No Proliferación Nuclear (TNP) hasta 1992.

²⁹⁴ Tres en Marcoule, tres en Chinon, dos en Saint Laurent des Eaux y uno en Bugey, además del reactor español.

²⁹⁵ Hecht (2012).

²⁹⁶ *Enterprise*, editorial no. 738 (1969), p. 186.

Management” de General Electric), y acuerdos de intercambio comercial y científico-técnico entre Francia y Estados Unidos²⁹⁷.

La crisis del petróleo reavivó los deseos de independencia energética y condujo a un programa de construcción masiva de infraestructuras nucleares. El Plan Messmer, aprobado en 1974, preveía disponer de 13 reactores (1.000 MW cada uno) en 1980, 50 (900-1.300 MW) en 1985 y 100 en el cambio de siglo²⁹⁸. El objetivo último era satisfacer el 100% de la demanda francesa de electricidad (*le tout nucléaire*), y acceder a los mercados internacionales para recuperar inversiones y abaratar costes gracias a la estandarización y las economías de escala. En 1975, el Gobierno francés otorgó a Framatome el monopolio de la construcción de centrales nucleares en Francia, a condición de que Westinghouse transfiriese progresivamente sus acciones al CEA. COGEMA, filial del CEA, se encargó de abordar todas las fases del ciclo del combustible, como también lo harían sus sucesoras Areva y Orano. Creusot Loire-Framatome y CGE-Alsthom Atlantique se configuraron como los dos grandes constructores de centrales (el primero la parte nuclear, el segundo la convencional). El uranio enriquecido acabaría por ser mayoritariamente suministrado por el consorcio europeo Eurodif (la fábrica de Pierrelatte lo producía desde 1967, aunque para fines exclusivamente militares).

El grueso del programa nuclear francés se levantó entre 1974 y 1989, intervalo en el que también se vendieron algunos reactores al extranjero (África del Sur, Irán, Corea del Sur, China). Como en tantos otros países, el programa nuclear francés se edificó sobre una lógica lineal de crecimiento económico (y demanda de energía), y a la postre resultó sobredimensionado y necesitó buscar mercados extranjeros. En 1998 Framatome acordó con la alemana Kraftwerk Union (KWU), filial nuclear del grupo Siemens, presentar ofertas conjuntas para la construcción en terceros países de reactores de tipo *European Pressurised Reactor* (EPR), versión europea del PWR²⁹⁹. A tal fin, Framatome y KWU crearon la empresa conjunta Nuclear Power International (NPI), con sede en París y presidida por un alemán. En los años siguientes, los frentes de cooperación se ampliaron y diversificaron, hasta que en 2001 ambas empresas unieron por completo sus actividades nucleares en la firma Framatome ANP SAS (66% de las acciones para Framatome y 34% para KWU). No obstante, tras la decisión del Gobierno federal alemán de abandonar la energía nuclear, KWU acabó por ceder todas sus acciones a Framatome, hoy integrada en la égida de EDF³⁰⁰.

Durante algunos años, los reactores rápidos o supergeneradores (“reactores del futuro” para muchos expertos) absorbieron también un gran volumen de capital y recursos en Francia. El reactor experimental *Rapsodie* (40 MW) alcanzó su criticidad en 1967, y los comerciales *Phénix* (233 MW) y *Superphénix* (1.200 MW) se conectaron a la red respectivamente en 1973 y 1984³⁰¹.

Como resultado de esta apuesta francesa por el *tout nucléaire* el problema de los residuos radiactivos se volvió prioritario. En 1979 se creó la Agence Nationale de Gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA), dependiente del

²⁹⁷ Estados Unidos no apoyó el desarrollo de la *force de frappe* nuclear francesa. No obstante, para garantizar la adhesión de Francia al bloque occidental, recibió a franceses en sus laboratorios y empresas, consistió el envío de información técnica y logística, y guió las investigaciones “en negativo”, es decir, indicando si iban o no por el buen camino. Vid. Ullman (1989) y Villain (2014).

²⁹⁸ Aykut (2012), p. 285.

²⁹⁹ Hecht (2004) y Dänzel-Kantof y Torres (2013), pp. 169-174. La tecnología PWR, la más extendida a nivel mundial, acabaría por equipar la totalidad del parque nuclear francés (el último UNGG se cerró en 1994).

³⁰⁰ Acosta (2022), pp. 166-167.

³⁰¹ Jobert y Le Renard (2014) y Sauvage (2004).

CEA, que centró sus esfuerzos en investigar las posibilidades de una triple solución: el almacenamiento en superficie, el almacenamiento geológico profundo y la transmutación. Triunfó el almacenamiento geológico reversible con el megaproyecto Cigéo (Centre Industriel de Stockage Géologique), todavía en proceso de construcción en la localidad de Bure (entre las regiones de Lorraine y Champagne-Ardenne)³⁰².

En la actualidad, Francia dispone de 56 reactores operativos distribuidos en 19 plantas, aunque una veintena se encuentran parados por razones de mantenimiento y actualización. Dispone, además, de otras muchas construcciones e instituciones relacionadas con el átomo (investigación, formación, seguridad, almacenamiento, etc.), y su tecnología y know-how ocupan un lugar destacado en el conjunto de la exportación francesa, en particular el combustible nuclear. Todavía hoy el sector nuclear mantiene estrechos vínculos con el Estado y cuenta con una aceptación política y social relativamente superior a la de otros países³⁰³.

2.2.2. Los inicios de la cooperación nuclear entre España-Francia

Los primeros intentos de colaboración entre España y Francia se remontan a los tiempos de la Junta de Investigaciones Atómicas (JIA). Pero apenas se avanzó en aquellos años, pues pesaban demasiado las rivalidades heredadas de la II Guerra Mundial. Los franceses condenaban la presencia de científicos y técnicos alemanes en España, mientras que los españoles no veían con buenos ojos que conocidos socialistas y comunistas integrasen las filas del CEA (entre ellos, su alto comisario Frédéric Joliot-Curie). En consecuencia, la JIA no permitió a los delegados franceses del CEA visitar las minas españolas de Sierra Albarrana, amparándose en el mal estado de las comunicaciones e infraestructuras, y el CEA rechazó la admisión de becarios españoles en el recién inaugurado Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay, cerca de París.

Las tensiones se relajarían desde principios de los años cincuenta. Influyeron varios factores: el cambio de gobierno en Francia y la destitución de Joliot-Curie al frente del CEA (por su oposición a las armas nucleares), el interés francés por las reservas españolas de uranio (aún no se habían descubierto los ricos depósitos de Gabón y Níger) y el deseo común de reducir la dependencia respecto a Estados Unidos. En ese contexto, fue determinante la amistad entre José M^a Otero Navascués y Bertrand Goldschmidt, director de Relaciones Internacionales del CEA y experto en la química del plutonio. Otero y Goldschmidt se habían encontrado por primera vez en 1951 en la fábrica de uranio de Le Bouchet, de la que Goldschmidt era responsable. Pero fue desde 1956, a raíz de un viaje a España de Goldschmidt, cuando iniciaron una amistad que nunca cesó. Mantuvieron una correspondencia fluida, organizaron encuentros profesionales y personales, y veranearon juntos con sus respectivas familias³⁰⁴. Otero y Goldschmidt compartían, además de un gran optimismo nuclear, el empeño por nacionalizar el ciclo del combustible y liberarse del control de Estados Unidos mediante el uso del uranio natural³⁰⁵.

³⁰² Lehtonen (2015) y <https://www.cigeo.gouv.fr/>

³⁰³ El movimiento antinuclear francés alcanzó su apogeo en la segunda mitad de los años setenta. En términos generales, fue más débil y disperso que en otros países, aunque influyó decisivamente en algunas decisiones clave como el cierre del reactor *Superphénix* en 1997. Más detalles en Topçu (2010, 2013) y Tompkins (2016).

³⁰⁴ En el Archivo del CEA (ACEA) se conserva parte de su correspondencia.

³⁰⁵ Vid. Goldschmidt (1969, prologado por Otero) y nota de la Direction des Affaires Politiques, Service des Affaires Atomiques, París, 27/10/1964, *Documents Diplomatiques Français*, 157 (2002). Como especialista en la química del plutonio, Goldschmidt había participado en el Proyecto Manhattan y fue uno de los padres de la bomba atómica francesa.

Goldschmidt facilitó los contactos con el CEA y la entrada en varios foros multilaterales, en concreto la Sociedad Europea de Energía Atómica, de la que Goldschmidt era presidente, la Agencia de Energía Nuclear de la OECE-OCDE y el CERN. Juntos barajaron numerosos proyectos bilaterales: unos vieron la luz, como la central nuclear de Vandellós I, de la que trataremos más adelante, y otros no, caso de la creación de un Instituto Hispanofrancés de Altos Estudios Científicos³⁰⁶. En 1995, Goldschmidt recordaba a Otero como “una de las personas a las que más he estimado y respetado, que vino a ser a lo largo de los años un verdadero amigo para el CEA y personalmente para mí”³⁰⁷.

En 1956 la JEN y el CEA firmaron, gracias a la intermediación de Otero y Goldschmidt, un acuerdo de cooperación nuclear bilateral similar al hispano-estadounidense concluido el año anterior. Este acuerdo-marco, vigente hasta 1982, albergó numerosos acuerdos específicos en sobre temas relacionados con el ciclo del combustible y la seguridad de las instalaciones nucleares. Prestó atención especial a la formación del personal español, especialmente mediante el envío de profesores franceses a España y becarios españoles a Francia. Las estancias de larga duración en Francia (mínimo 3 meses) se iniciaron en 1956, año en que el CEA recibió a siete integrantes de la JEN³⁰⁸. En los años siguientes, varias decenas de especialistas (por lo general, titulados superiores) se formaron en las divisiones mineras del CEA, la Escuela de Prospectores de Razès, los centros de investigación de Saclay, Orsay y Cadarache, y las centrales de Marcoule, Chinon y Saint Laurent des Eaux, entre otros destinos³⁰⁹. Se familiarizaron con nuevos materiales, técnicas y pautas de trabajo, y accedieron a normas de seguridad y protección radiológica desconocidas en España³¹⁰. Muchos ocuparían después puestos de responsabilidad en el programa atómico español. Los especialistas de la JEN Juan Martín-Delgado Tamayo (Geología y Minería), Jovino Díez (Plantas Metalúrgicas), Rafael Caro (Reactores), Ricardo F. Cellini (Química) y Emilio Iranzo (Protección) son solo algunos ejemplos destacados³¹¹.

Al principio, la JEN y el CEA monopolizaron estos intercambios, por lo general en dirección España-Francia dada la distancia entre ambos organismos y la evidente superioridad francesa (hacia 1960 el CEA empleaba a 30.000 trabajadores y contaba con un presupuesto de más de 5.000 millones de francos)³¹². Después se diversificaron orígenes y destinos, sumándose la industria eléctrica, los hospitales, las empresas de ingeniería y otros centros de investigación y enseñanza superior³¹³. Los contactos, viajes y manifestaciones bilaterales de todo tipo (cursos, conferencias, jornadas, exposiciones) crecieron exponencialmente.

³⁰⁶ “Projet d’organisation de l’Institut hispano-français des Hautes Études Scientifiques”, c. 1960s. Intercambio de cartas entre Otero y Goldschmidt, septiembre-diciembre 1957, ACEA, FAR 2008-22-73, dossier n° 5/6, 1955-1962.

³⁰⁷ Caro (1995), pp. 25, 63 y 77.

³⁰⁸ Fueron los ingenieros de minas Ángel García Corral, Jesús Puy Huarte y Juan Martín-Delgado Tamayo; y los químicos Germán Domínguez Rodríguez, Baldomero López Pérez, Tomás Batuecas Marugán y Luis Gascó Sánchez.

³⁰⁹ Más detalles en Carpio (2012) y Sánchez (2022).

³¹⁰ “CEA-Dossiers des stagiaires étrangers”, Archivo General de la Administración (AGA)-Industria, caja 71/8585.

³¹¹ “Españoles en el CEA”, AGA-Industria, caja 71/4054. Algunos de ellos habían pasado antes, o pasarían después, por los laboratorios atómicos norteamericanos.

³¹² Unos 60.000 millones de pesetas, frente a los 310 millones de pesetas de la JEN. Torres (2017), p. 70, y Romero de Pablos y Sánchez Ron (2001), p. 120.

³¹³ De 1956 a 1965 la Association pour l’Organisation des Stages de Techniciens Étrangers dans l’Industrie Française (ASTEF) registró un total de 152 estancias de larga duración en Francia de expertos nucleares españoles. Por especialidades, destacaron: “Ciencias físicas: investigación nuclear”, “Producción de energía eléctrica” y “Medicina nuclear”. Sánchez (2022), p. 9.

De forma paralela, los productores de energía eléctrica de ambos lados de los Pirineos entablaron unos contactos que resultarían decisivos en la cooperación nuclear. Desde finales de los años cuarenta, concluyeron una serie de acuerdos para regular el intercambio de energía eléctrica entre ambos países. Aprovechando la complementariedad hidrográfica de las cuencas francesas y españolas, EDF y algunas grandes empresas españolas (ENHER, Iberduero, Saltos del Sil) lograron dar salida a los excedentes de años húmedos y colmar los déficits de años secos³¹⁴. A raíz de estos acuerdos, España recibió, al margen del acuerdo anual que regulaba entonces el comercio bilateral, energía (hidro)eléctrica y material electromecánico (procedente de empresas como Neyrpic, Schneider y Le Matériel Électrique)³¹⁵.

Al principio, la cooperación estrictamente nuclear se concentró en la fase inicial del ciclo del combustible, es decir la prospección y minería del uranio. El CEA asesoró en el empleo de métodos geofísicos, geoquímicos y estadísticos, así como en el tratamiento químico del uranio y la seguridad en minas³¹⁶. Cabe destacar las visitas a España de Jacques Mabile, André Lenoble y Antoine Gangloff, jefes de la Dirección de Investigación y Explotación Minera del CEA, que a finales de los años cincuenta permanecieron varios meses en los yacimientos de Córdoba y Salamanca, asesorando en tareas como el diseño de planos radiométricos, el método de resistividades y la extracción de testigos geológicos. Simultáneamente, el CEA y sus empresas asociadas suministraron, en régimen de alquiler o compra (y con facilidades o exención arancelaria completa)³¹⁷, muestras de minerales, equipos mineros, instrumental de laboratorio y bibliografía especializada. Junto a los equipos viajaron técnicos e ingenieros encargados de montarlos, instruir sobre su manejo y mantenimiento, y realizar incluso controles de calidad en las posibles piezas o recambios de factura española. En 1960, Otero se congratulaba de la importancia de la colaboración minera con Francia:

“Me es muy grato manifestar, al hablar de la minería, la extraordinaria y fructífera colaboración que hemos tenido con el Comisariado Francés de Energía Atómica, que ha hecho que nuestros ingenieros y nuestros geólogos pudiesen visitar los laboratorios y yacimientos franceses, realizando en ellos largas estancias, y que geólogos franceses viniesen a implantar en España técnicas ya depuradas en su país, y todo ello prácticamente de forma desinteresada”³¹⁸.

El tratamiento químico de los minerales radiactivos fue también un foco de interés temprano. En las divisiones químicas del CEA, los miembros de la JEN aprendieron nuevas técnicas y se habituaron a utilizar equipos modernos y a aplicar los estándares internacionales de protección radiológica, vigilancia y seguridad. A medida que avanzaban los años sesenta, el interés por la construcción de reactores se superpuso a todos los demás. Francia logró vender a España un reactor de tecnología UNGG, el reactor de Vandellós I.

³¹⁴ Conocidos como de “invierno contra verano”, los acuerdos de interconexión eléctrica se basaban en la cesión a Francia de energía durante el invierno, cuando su producción hidráulica disminuía a causa de las heladas, a cambio del suministro de energía a España durante el verano, época de excedentes en Francia por el deshielo y de escasez en España por las sequías. Sobre esta cuestión, remitimos a Viguié (2014).

³¹⁵ Listado de acuerdos y empresas en Sánchez (2010), p. 109.

³¹⁶ Zuriaga, Fernando, “Prospección geofísica y geoquímica del uranio”, JEN-Primer coloquio de información geológica y minera de los minerales radiactivos, 1959, AGA-Industria, 71/8816.

³¹⁷ Carta de Otero a Goldschmidt, 10/9/1959, ACEA, FAR 2008-22-73, dossier nº 1/6, 1954-1962. Facturas en AGA-Industria, caja 75/8716.

³¹⁸ Otero (1960), p. 7.

2.2.3. El gran proyecto conjunto: la central nuclear de Vandellós I

Diversos agentes se encargaron de poner en práctica la idea de Vandellós I, cuyos primeros artífices, según consta en la documentación francesa, fueron Otero y Goldschmidt. Recibieron el beneplácito del ministro español de Industria, Gregorio López Bravo, y los ministros franceses de Investigación Científica y de Cuestiones Atómicas y Espaciales, Gaston Palewski y Alain Peyrefitte³¹⁹.

La decisión de construir en común una central nuclear en Cataluña con tecnología francesa se anunció el 2 de octubre de 1964, en un comunicado conjunto del que se hicieron eco los grandes medios de comunicación de ambos países³²⁰. Durante las semanas siguientes, se organizaron varios eventos destinados a intensificar los contactos y dar a conocer el proyecto a las empresas y al gran público, en particular las primeras Jornadas Nucleares Hispano-Francesas (Madrid, 14-24 de octubre) y la primera Exposición de la Técnica Francesa en España (Madrid, 13-25 octubre). Además, en noviembre de aquel año el Gobierno francés concedió a España un crédito de 750 millones de francos para la compra a Francia de equipos industriales (entre ellos, nucleares)³²¹. En torno a estos eventos proliferaron las visitas recíprocas de altos cargos del Gobierno, el Instituto Nacional de Industria (INI), EDF, la JEN y el CEA.

La realización del proyecto de central no se hizo esperar. En enero de 1965 se constituyó un grupo de trabajo bilateral integrado por representantes de EDF y el CEA por parte francesa, y de la JEN y tres empresas eléctricas por parte española: Fuerzas Eléctricas de Cataluña SA (FECSA, privada), Hidroeléctrica de Cataluña SA (HECSA, privada) y Empresa Nacional Hidroeléctrica del Ribagorzana (ENHER, pública). El grupo de trabajo se encargó de estudiar el emplazamiento, la financiación, el ciclo de combustible y los procedimientos legales y administrativos que podían afectar al proyecto. Recibió instrucciones precisas por parte del Ministerio español de Industria: 1) examinar si la central francesa podría construirse en condiciones económicas razonables en comparación con las centrales eléctricas convencionales y con las centrales nucleares de agua ligera y uranio enriquecido; y 2) garantizar una alta participación (mínima del 35%) de la industria española (preferiblemente privada) en los trabajos de edificación³²².

El análisis de costes se realizó a partir de un estudio comparativo entre los reactores de uranio natural y uranio enriquecido, tomando como modelos el futuro proyecto de Vandellós y el proyecto en curso de Santa María de Garoña. Este estudio reveló que, a potencias iguales, los costes de instalación y generación de la tecnología francesa serían sensiblemente superiores a los de la tecnología americana: un 20% en el mejor de los casos. La única forma de compensarlos era incrementar la potencia del reactor, absorbiendo EDF los posibles excedentes, y garantizar condiciones de financiación al menos similares a las del Export-Import bank de Estados Unidos

³¹⁹ Proceso de negociaciones e hitos más destacados en Marty y Sánchez (2000), Sánchez (2010), Sánchez en Rubio-Varas y De la Torre (2017), pp. 155-186, y Romero de Pablos (2019), pp. 99-124.

³²⁰ Por ejemplo *La Vanguardia*, 3/10/1964, p. 7 ("Comunicado hispano-francés sobre la construcción de la central nuclear").

³²¹ Sánchez (2006), pp. 303-311.

³²² Carta de López Bravo a Peyrefitte, Madrid, 4/6/1966, e "Informe sobre la central nuclear hispano-francesa en Cataluña", diciembre 1965, ambos en el Archivo de la Sociedad Estatal de Participaciones Industriales (ASEPI), INI, exp. 906. Para el emplazamiento se evaluaron cinco posibles localizaciones (Vandellós y Mora de Ebro en Tarragona, Rosas y Pals en Girona y Serós en Lleida), que fueron sometidas a detallados estudios de tipo geomorfológico, sociodemográfico y logístico. "Posibles emplazamientos de la central nuclear hispano-francesa", 6/4/1965, Archivo histórico de l'Électricité de France-Blois (AEDF), Direction de l'Équipement, caja 283.

(Eximbank). Las autoridades francesas no lo dudaron: “Vamos a aceptar en breve y sin réplica estas condiciones, dado el interés político y económico de esta operación [...]. Es importante actuar con rapidez, pues nuestros interlocutores españoles pueden verse sometidos a la presión de ofertas americanas más tentadoras”³²³.

La potencia se elevó hasta los 480 MW. EDF se comprometió a comprar, durante un máximo de nueve años, todos los excedentes de energía que no pudiesen ser absorbidos por el mercado español. También a enviar a España “corriente de socorro” en caso de fallo en el reactor de Vandellós I. El suministro de energía en los dos sentidos se realizaría a través de la línea de interconexión Rubí-La Gaudière (380 Kv), construida en el marco de acuerdos anteriores³²⁴. Por su parte, el CEA, reconociendo que los riesgos asumidos por los constructores “sobrepasan con creces los aceptados habitualmente por las industrias francesas”, firmó, con el aval del Estado francés, varios seguros para cubrir posibles problemas técnicos y variaciones de precios³²⁵.

No había duda de que la tecnología francesa implicaba costes superiores. También tenía un mayor riesgo de obsolescencia, pues los plazos medios de edificación de este tipo de centrales eran más amplios y la capacidad de actualización tecnológica más lenta³²⁶. Pero tenía otras ventajas, que tanto franceses como españoles pusieron de relieve:

Francia necesitaba exportar su tecnología nacional, para amortizar inversiones y demostrar su viabilidad. Necesitaba también ampliar mercado para las numerosas empresas francesas surgidas (o reconvertidas) al calor del negocio nuclear. Consideraba, por último, que la elección española facilitaría la exportación futura a países geográfica o culturalmente próximos a España (Portugal y los de América Latina), o que buscasen “escapar del poder que ejerce Estados Unidos a través del suministro de uranio enriquecido”³²⁷.

España, por su parte, valoraba el uso del uranio natural para potenciar sus propias reservas y reducir la dependencia que mantenía con Estados Unidos por el suministro de uranio enriquecido³²⁸. De esta forma, no solo ahorraría divisas, sino que además reforzaría los lazos con Francia y, de ahí, con Europa. De hecho, los negociadores franceses se comprometieron a avalar el ingreso de España en la Comunidad Económica Europea (CEE), al que el Gobierno español aspiraba desde 1962³²⁹. Otra ventaja a tener en cuenta era que las centrales de tipo francés se encontraban en un estadio de desarrollo menos avanzado e implicaban trabajos de obra civil relativamente más abundantes, lo que ampliaría los porcentajes de participación de la industria

³²³ Nota de los ministros franceses de Industria y de Cuestiones Atómicas y Espaciales al Primer Ministro, París, 8/2/1966, AEDF, caja 89522.

³²⁴ Vid. Condiciones y modalidades de aplicación en los informes “Central Nucléaire de Vandellós. Historique de la négociation et charges acceptées par EDF”, 14/9/1967, y “Centrale de Vandellós. Résumé des charges prises par l'EDF et le CEA”, París, 21/2/1967, AEDF, caja 890520.

³²⁵ “Contrat de contre-garanties pour la centrale de Vandellós (CEA-SOCIA)”, AEDF, caja 890520.

³²⁶ “Informe sobre la central nuclear hispano-francesa en Cataluña”, doc. cit.

³²⁷ Nota de la Direction des Affaires Politiques, Service des Affaires Atomiques, París, 27/10/1964, *Documents Diplomatiques Français*, 2002, nº 157.

³²⁸ La evolución de las reservas españolas de uranio puede seguirse en Sánchez y López (2021).

³²⁹ Carta del embajador de España en Washington Marqués Merry del Val al ministro español de Asuntos Exteriores, Washington, 26/5/1964; y carta de Peyrefitte al ministro francés de Asuntos Exteriores, París, 6/6/1966, Centre des Archives Diplomatiques-Archives du Ministère des Affaires Étrangères (AMAE-F), Cabinet du Ministre, Maurice Couve de Murville, 1958-67, vol. 76.

española. Valoraban también los españoles la posibilidad de obtener plutonio, con posibles aplicaciones civiles y militares: “estos factores compensan las desventajas del reactor de uranio natural en cuanto a su coste y más rápida obsolescencia”³³⁰.

El Gobierno francés realizó grandes esfuerzos para zanjar la decisión española en su favor, considerando que era una oportunidad única: “Si no hacemos nada en un país tan cercano, bien interconectado con Francia y deseoso de utilizar su propio uranio natural, cualquier otra operación de exportación de una central de tipo francés será extremadamente complicada, dada la presión ejercida por Estados Unidos”³³¹. Para compensar el diferencial de costes, el Ejecutivo francés aceptó financiar casi el 80% del coste total de la central (estimado en un principio en unos 9.300 millones de pesetas, 740 millones de francos), mediante préstamos ventajosos tanto en interés como en plazos de amortización. No pudo contar con el respaldo de las empresas privadas, que se negaron a participar en la financiación de una tecnología de limitada vida comercial, si bien mostraron su interés por la venta de bienes y servicios en España. La financiación francesa se estructuró en tres partidas: 455 millones de francos, a un interés del 3% anual y amortizables en 15 años desde la puesta en servicio de la central, para financiar el material construido en Francia; un crédito complementario de 60 millones de francos, al 5,5% de interés y a 15 años, para el montaje e instalación en España; y 45 millones de francos (después se elevaron a 84)³³², al 4% de interés y 10 años, para cofinanciar la primera carga de combustible del reactor³³³. El Gobierno francés conseguía de esta forma competir con las ventajas acordadas por el Eximbank para la financiación de Zorita y Santa María de Garoña³³⁴. Los préstamos franceses se canalizaron a través del Banco de Crédito Industrial y el Instituto de Crédito a Medio y Largo Plazo.

España aportó otros 170 millones de francos en gastos suplementarios, gastos indirectos y alzas de precios. Se cubrieron con las acciones y obligaciones de FECSA, HECSA y ENHER, un crédito bancario internacional liderado Smith and Barney, y créditos menores de Bankinter y el Banco Urquijo.

En 1966 el proyecto de central se presentó en la Delegación de Industria de Tarragona. Ese mismo año se fundó en Barcelona la compañía encargada de dirigir los trabajos de construcción, la Hispano-Francesa de Energía Nuclear SA (HIFRENSA), con un capital inicial de 1.000 millones de pesetas. Pere Duran Farell, presidente de HECSA, fue nombrado presidente, y Pierre Ailleret, director general adjunto de EDF, vicepresidente. Como director general se eligió al catedrático de Física Nuclear y director técnico de FECSA José Javier Clúa³³⁵. HIFRENSA

³³⁰ “Informe sobre la central nuclear hispano-francesa en Cataluña”, doc. cit.

³³¹ “Conclusion actuelle de la négociation franco-espagnole sur la centrale nucléaire de Catalogne”, 30/12/1965, AEDF, caja 89522.

³³² “Avenant au Protocole du 27 juillet 1967 relatif au financement d’une centrale nucléaire”, Paris, 26/11/1970.

³³³ “Protocole entre le gouvernement de la République française et le gouvernement espagnol relatif au financement d’une centrale nucléaire”, Madrid, 27/7/1967.

³³⁴ De la Torre y Rubio-Varas (2015), cap. 5.

³³⁵ Resto de integrantes del Consejo de Administración: José M^a Aguirre, Pedro de Areitio y Alejandro Suárez por ENHER; José M^a Lozoya y Antonio Torra por HECSA; Juan Alegre, Felipe Lafitta y Juan Sans por FECSA; y Georges Bardon, Jean Cabanius y Henri d’Ormesson por EDF. Caro (1995), p. 190.

³³⁶ Central completa, con todas las pruebas pasadas, lista para funcionar inmediatamente y mantener una explotación normal y eficiente. “Contract avec le Groupe de Constructeurs. Notice explicative”, AEDF, caja 890521.

lanzó a concurso público el proyecto “llave en mano”³³⁶ de la central, que se resolvió a favor del único participante, un grupo de 25 empresas francesas³³⁷ (Groupement des Constructeurs Français-GCF, después Société pour l’Industrie Atomique-SOCIA), que se creó para presentarse al concurso de edificación de la planta y al que se otorgó el papel de arquitecto industrial. El contrato entre HIFRENSA y GCF-SOCIA se firmó el 8 de junio de 1967, tras la autorización preliminar del Ministerio de Industria de 21 de abril de 1967 (la definitiva data del 21 de junio de 1968)³³⁸.

GCF-SOCIA subcontrató a más de 50 empresas españolas, sobre todo para la obra civil, el suministro de los equipos eléctricos y mecánicos, y la fabricación del cajón del reactor (un prisma de base hexagonal de 49,1 m. de alto, 25,5 m. de diámetro y unas 85.000 toneladas de peso). Hubo empresas que nacieron al calor del negocio nuclear, y otras que se adaptaron a él diversificando y modernizando su producción; y empresas que habían trabajado en Zorita y Santa María de Garoña, y otras que lo hicieron por primera vez en Vandellós I. Por el volumen y cuantía de los pedidos y los contratos de asistencia técnica, destacaron Entrecanales y Tavora, Material y Construcciones SA, Cimentaciones Especiales SA, La Maquinista Terrestre y Marítima, Constructora Pirenaica, Procedimientos Rodio, Entrepouse, Degrémont, Schwartz-Hautmont, Isolux y AUXIESA, en su mayoría filiales o al menos socias tecnológicas de empresas francesas. Además, varias decenas de pequeñas y medianas empresas locales realizaron trabajos para la central. En conjunto, la participación de la industria española superó el 40% (42% según HIFRENSA; 40,8% según el Fórum Atómico Español)³³⁹. Dado el estadio inicial de la tecnología francesa, tanto las firmas francesas como las españolas concibieron Vandellós como un valioso ejercicio de aprendizaje *on the job*, que permitiría probar técnicas y corregir errores a medida que avanzaban los trabajos³⁴⁰. De hecho, las mejoras introducidas fueron importantes: instalación de un detector de rotura de vainas, perfeccionamiento del descamisado de los elementos combustibles e integración del circuito de refrigeración en el cajón del reactor para disminuir el riesgo de fugas, entre otras³⁴¹.

Durante los cinco años que, cumpliendo el calendario previsto, duraron los trabajos de construcción de Vandellós I, SOCIA, EDF y el CEA organizaron cursos de formación y efectuaron controles de calidad en las piezas de factura española. Los expertos franceses se desplazaron regularmente a Tarragona para instruir a los más de 300 trabajadores fijos de la planta³⁴² en el manejo de los equipos y la seguridad, apoyándose en los círculos

³³⁷ Indatom, SEEN, GAAA, Alsthom, Campenon-Bernard, Alcatel, Ateliers et Forges de la Loire, Compagnie Electro-Mécanique, Babcock & Wilcox, Stein & Roubaix, Compagnie Générale d’Electricité, Compagnie Générale de Télégraphie Sans Fil, Neyrpic, Péchiney, Saint Gobain Techniques Nouvelles, Forges et Ateliers du Creusot, Jeumont-Schneider, Ugine Kuhlmann, Société Industrielle Delattre-Levivier, Compagnie de Constructions Mécaniques Procédés Sulzer, Chantiers de l’Atlantique, Société Hispano-Alsacienne, Société Parisienne pour l’Industrie Electrique y Merlin et Générin. Indatom y SEEN ejercieron como coordinadores. Central nuclear de Vandellós, no. 2, 1968; y “Contrat de contre-garanties pour la centrale de Vandellós (CEA-SOCIA)”, AEDF, caja 890520.

³³⁸ Respectivamente en *BOE* n. 112, de 11 de mayo de 1967, pp. 6294-6294, y *BOE* n. 176, de 23 de julio de 1968, pp. 10790-10791.

³³⁹ Actas de la 14ª reunión del Consejo de Administración de HIFRENSA, Barcelona, 19/11/1970, AEDF, caja 891165 y *Boletín del Fórum Atómico Español*, 47, 1973, p. 5. Listado de las principales firmas españolas en Sánchez (2010), p. 128.

³⁴⁰ “Note concernant la conduite de l’affaire Vandellós”, 10/4/1967, AEDF, caja 890521.

³⁴¹ Romero de Pablos (2019), pp. 114-121.

³⁴² Dirección: 1, operación: 74, mantenimiento: 108, control técnico: 49, seguridad y protección radiológica: 24; administración: 58, medicina: 2. *Boletín del Fórum Atómico Español*, 43, 1973, p. 22.



Visita a Vandellós I del ministro francés de Industria, André Bettencourt, acompañado de su homólogo español, Gregorio López Bravo, en marzo de 1969.

Fuente: Arxiu Municipal de Vandellòs i l'Hospitalet de l'Infant.

regionales de la Alianza Francesa para solventar los problemas de idioma. Al mismo tiempo, varios técnicos españoles realizaron estancias en el CEA para conocer el funcionamiento de los reactores UNGG. Mencione-mos, a modo de ejemplo, al Grupo de Normas de la Sección de Seguridad de la JEN, dirigido por Manuel Perelló Palop. Entre noviembre de 1968 y noviembre de 1969, Perelló y su equipo asistieron a seminarios, visitaron las instalaciones de EDF y el CEA y participaron en la solución de los problemas planteados en los reactores de Saint Laurent des Eaux 1 y 2. A su vuelta a España, se encargaron, en colaboración con el CEA, de la seguridad de Vandellós I³⁴³.

La central nuclear de Vandellós I constituyó una importante fuente de empleo e ingresos para el municipio que la albergó, Vandellós i Hospitalet de l'Infant (40 km. al sur de Tarragona), que entre 1967 y 1975 registró un incremento demográfico del 3,7% anual, y entre 1975 y 1986 un aumento de 20 puntos en el índice de crecimiento económico³⁴⁴. En su mayoría, los trabajadores españoles fueron alojados en el *Poblat d'Hifrensa*, un conjunto urbanístico diseñado por el arquitecto Antoni Bonet Castellana a unos 10 km. de la central. Estaba integrado por espacios comunes (escuela, área de juegos, biblioteca, etc.) y 280 viviendas con una marcada

³⁴³ Romero de Pablos (2019), p. 119, a partir del Archivo CSN y "CEA-Dossiers des stagiaires étrangers", AGA-Industria, caja 71/8585.

³⁴⁴ HIFRENSA (1997), pp. 22-23 y 25.

estratificación social: pisos para los obreros, adosados para los técnicos y chalets independientes para los ingenieros y directivos³⁴⁵. Los técnicos e ingenieros franceses se alojaron fuera del poblado, en casas construidas o habitadas con todas las comodidades “para acogerles en las condiciones más agradables posibles”³⁴⁶. Los franceses desplazados a España recibieron la consigna de no hacer alardes de superioridad ante sus colegas españoles: “Los españoles son orgullosos y susceptibles [...] A los ingenieros hay que tratarles de igual a igual, como ingenieros de primer orden, y no despacharlos con generalidades y buenas palabras”³⁴⁷.

El anuncio oficial del Gobierno francés de abandonar la tecnología UNGG no afectó a Vandellós I, en gran medida porque se encontraba en una fase de construcción tan avanzada que era complicado dar marcha atrás: “La obra de Vandellós había rebasado ampliamente el punto de no retorno [...] Seguramente, los españoles no habrían aceptado el proyecto si hubieran sabido que Vandellós iba a ser la última central de este tipo”³⁴⁸. Los trabajos de construcción se prolongaron durante cinco años³⁴⁹.

La central nuclear de Vandellós I completó el grupo de las de primera generación. Se conectó a la red en 1972. Su propiedad, así como la energía producida, quedaron distribuidas a partes iguales entre EDF y las españolas FECSA, HECSA y ENHER³⁵⁰. Constituyó una réplica prácticamente exacta de la central francesa de Saint Laurent des Eaux I (reactor EDF-4), que se encontraba en proceso de construcción a orillas del río Loira. Como preveían todos los estudios, el coste final de la central resultó superior al de sus predecesoras estadounidenses: 712 millones de francos (139,1 millones de dólares) frente a los 49,3 millones de dólares de Zorita (153 MW de potencia y reactor PWR) y los 78,9 millones de dólares de Santa María de Garoña (460 MW, reactor BWR)³⁵¹. El impacto combinado de las devaluaciones de la peseta y los ciclos de inflación posteriores a las crisis del petróleo encarecieron y alargaron la deuda española con Francia, pese a que estas eventualidades habían sido en parte previstas en los acuerdos de financiación.

Durante su construcción y primeros años de funcionamiento, la oposición local a la central de Vandellós fue mínima, concentrándose en unos pocos pescadores y promotores turísticos. Francia se apresuró a tranquilizarles con estudios que demostraban, con datos de EDF y el CEA, que se habían respetado todos los sistemas de seguridad y que el único posible “inconveniente” era la polución térmica derivada de la refrigeración de la central con agua de mar, lo cual hacía incrementar la temperatura del agua en la zona local de vertido en un máximo de 6 grados centígrados³⁵².

³⁴⁵ Ródenas y Pla (2008). La documentación francesa da cuenta de las numerosas demandas recibidas de ingenieros españoles deseosos de trabajar en Vandellós I. Nota interna de EDF, sin fecha, AEDF, caja 890520.

³⁴⁶ Carta del director de la Urbanización Planas del Rey, L'Hospitalet de l'Infant, 30/11/1966. AEDF, caja 890520.

³⁴⁷ “Note concernant la conduite de l'affaire Vandellós”, 10/4/1967. AEDF, caja 890521.

³⁴⁸ “Les problèmes de la collaboration hispano-française dans la centrale de Vandellós”, 11/3/1969, AEDF, caja 891165.

³⁴⁹ La evolución de los trabajos, ilustrada con numerosas fotografías, puede seguirse en los Boletines de HIFRENSA: *Central nuclear de Vandellós*, nºs. 1 a 13, 1968-1969. También en las Actas de las reuniones de la Comisión Ejecutiva y del Consejo de Administración de HIFRENSA, AEDF, caja 891165.

³⁵⁰ En 1967, la empresa familiar Fuerzas Eléctricas del Segre solicitó unirse al grupo. FECSA, HECSA y ENHER acordaron cederle cada una el 2% de su 25% de acciones. Así pues, capital y energía quedaron finalmente repartidos del modo siguiente: 25% para EDF, 23% para FECSA, HECSA y ENHER y 6% para Fuerzas del Segre. Actas del Consejo de Administración de HIFRENSA en ASEPI, INI, caja 4640.

³⁵¹ AEDF, caja 890521. Tipo de cambio a 1 de enero de 1973.

³⁵² Nota del Ministerio francés de Asuntos Exteriores, París, 28/1/1976, AMAE-F, EUROPE, Espagne, 1977-81, vol. 4367.



Llegada de un transformador procedente de Francia, 18 de agosto de 1970.

Fuente: Arxiu Municipal de Vandellòs i l'Hospitalet de l'Infant.

Estaba previsto que, a partir de la segunda carga, el uranio natural que se utilizaría para la fabricación de los elementos combustibles sería de procedencia española, pero los precios determinaron que el uranio español apenas rebasara en la práctica el 10% del total. En lo que concierne al tratamiento del combustible gastado, se dejó a HIFRENSA vía libre para elegir entre cuatro posibles opciones (revisables cada dos años): el reproceso y cesión del plutonio a Francia; el reproceso en Francia y retorno del plutonio a España; el reproceso en España; y el almacenamiento sin reproceso en España. A la postre, el combustible gastado del reactor de Vandellòs I se envió mayoritariamente a Francia (unos 400 kg/4 trenes al año) para ser reprocesado en los complejos de Marcoule y La Hague. El CEA y su filial COGEMA se encargaron de su evacuación y transporte a cambio de una parte del plutonio, que quedó fuera de las salvaguardias del OIEA hasta 1981³⁵³.

³⁵³ Vid. "Contrôle de la centrale nucléaire franco-espagnole", AEDF, caja 891165; e "Informe sobre la central nuclear hispano-francesa en Cataluña", doc. cit. España no firmó el TNP hasta 1987, pero desde 1981 todas sus instalaciones nucleares tuvieron que someterse a las salvaguardias del OIEA (efecto de la aplicación de la Ley Carter de no proliferación de 1978). El último tren con destino a Marcoule partió a finales de 1994, ya con el reactor clausurado. Según cuenta el general Guillermo Velarde en su libro de memorias (2016), las autoridades españolas abogaron al principio por el regreso a España de parte del plutonio reprocesado en Francia, que sería utilizado en los proyectos (luego frustrados) de reactores rápidos y armas nucleares.

La central funcionó de 1972 a 1989, apenas 17 años de los 40 inicialmente previstos. Durante ese tiempo no se registraron incidentes significativos, con la salvedad de algunos problemas técnicos (corrosión) y legales (denuncias de la autoridad nuclear británica)³⁵⁴. El 19 de octubre de 1989 se produjo una avería en el grupo turboalternador número 2, que desembocó en un incendio y afectó gravemente al sistema de refrigeración del reactor³⁵⁵. Fue el accidente nuclear más grave ocurrido nunca en una central española, aunque no implicó la activación del Plan de Emergencia Interior-PEI de la instalación (solo se decretó el nivel 0 del Plan de Emergencia Nuclear de Tarragona-PEN-TA) y pasó prácticamente desapercibido a la opinión pública³⁵⁶. Las estrictas mejoras de seguridad exigidas por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) para garantizar el correcto funcionamiento de la central no compensaron su reapertura³⁵⁷. En 1990 el Ministerio español de Industria y Energía revocó el permiso de explotación concedido a HIFRENSA, y al año siguiente se inició el desmantelamiento, proceso que aún continúa. Los 300 trabajadores fijos de la planta pudieron optar entre ser recolocados en otras centrales o acogerse a bajas y pre-jubilaciones favorables. Los responsables de la central fueron llevados a juicio, acusados de no haber aplicado las mejoras que el CSN había venido reclamando desde 1986, pero los jueces les absolvieron al considerar que estas irregularidades no habían sido determinantes para el accidente. También revocaron las multas impuestas por el Gobierno español a HIFRENSA por no activar el plan de emergencia correspondiente³⁵⁸.

El desmantelamiento resultó una excelente oportunidad de negocio y aprendizaje, tanto para Francia, que sólo había procedido al cierre de los reactores UNGG de Marcoule y Chinon, como para España, que se enfrentaba a su primer gran reto tecnológico de desmantelamiento



Poblado de Hifrensa (Hospitalet de l'Infant, Tarragona). Viviendas de ingenieros, peritos y obreros.

Fuente: Fundación Docomomo Ibérico.

³⁵⁴ Los problemas de corrosión, que afectaron especialmente a los generadores de vapor, fueron solucionados reduciendo la potencia efectiva de la central de 480 a 389 MW. Las denuncias de la UK Atomic Energy Authority (UKAEA), por ser utilizadas en Vandellós I patentes conjuntas CEA-UKAEA concedidas para un uso exclusivo en suelo francés, se resolvieron con el pago por HIFRENSA a la UKAEA de una indemnización de 5,4 millones de pesetas. Fernández y Pérez (1987) y Breton y Folguera (1987).

³⁵⁵ Especificidades técnicas en el informe del CSN "Accidente del 19 de octubre de 1989 en C.N. Vandellós I", de 23 de noviembre de 1989. Disponible en [https://www.csn.es/documents/10182/1470017/Informe%20accidente%20Vandell%C3%B3s%20I%20\(1989\)](https://www.csn.es/documents/10182/1470017/Informe%20accidente%20Vandell%C3%B3s%20I%20(1989))

³⁵⁶ El accidente alcanzó el nivel 3/7 (*serious incident*, daños sin afectar al reactor) en la escala INES del OIEA (*International Nuclear and Radiological Event Scale*). La prensa publicó notas informativas de apenas 100 palabras.

³⁵⁷ Los accidentes de Three Mile Island (1979) y Chernóbil (1986), así como varios incidentes en instalaciones francesas en un escenario de creciente presión ecologista, habían incrementado las exigencias (léase costes) en materia de seguridad, especialmente para los reactores de uranio natural.

³⁵⁸ Más detalles sobre el accidente y sus consecuencias en <https://www.elcritic.cat/mes/expedient-vandellos/297-bars-anatomia-de-una-no-catastrofe-90086>



Vista de las obras de la central nuclear de Vandellòs I (cajón del reactor y estación de bombeo), marzo de 1969.

Fuente: Arxiu Municipal de Vandellòs i l'Hospitalet de l'Infant.



Columna de humo durante el incendio de Vandellòs I la noche del 19 de octubre de 1989.

Fuente: Josep Lluís Sellart, para el diario El País.

de una central nuclear. Ingenieros nucleares de Francia (Technicatome) y España (Tecnatom, ENRESA) identificaron en el proceso mejoras que pasaron a formar parte de los protocolos futuros, sobre todo en cuestiones de seguridad, manipulación del grafito y reciclaje de materiales e instalaciones³⁵⁹. Hubo otras dos enseñanzas que llegaron del país vecino. En primer lugar, la preocupación por la estética de las centrales, que por su proximidad a cursos de agua suelen situarse en enclaves de alto interés paisajístico. Claude Parent, discípulo de Le Corbusier, diseñó las centrales francesas de los años sesenta y setenta, prestando atención a la armonización de planta y paisaje, y a la reutilización futura de las estructuras físicas. Antonio Bonet Castellana, también discípulo de Le Corbusier, reprodujo los esquemas franceses en el diseño arquitectónico de la obra civil de Vandellós I y el poblado de HIFRENSA³⁶⁰. En segundo lugar, EDF asesoró a HIFRENSA y ENRESA en las campañas de información e imagen que, como en las centrales francesas, se organizaron en Vandellós I para contrarrestar el movimiento antinuclear y presentar la “cara amable” de la energía nuclear³⁶¹.

2.2.4. Otros frentes de cooperación

Animada por el éxito de Vandellós I, Francia participó en todas las licitaciones públicas para construir en España centrales nucleares de segunda y tercera generación. Las perspectivas eran muy alentadoras: el Plan Energético Nacional de 1975 preveía una potencia nuclear de 23.000-25.000 MW en 1985, es decir, más del 50% de la generación eléctrica. Francia aspiraba a alcanzar un protagonismo destacado en aquel proceso, extendiendo su participación a todo el ciclo del combustible³⁶². Framatome participó en todos los concursos públicos para la construcción en España de nuevas centrales nucleares de tipo PWR. A tal fin, creó la filial Framatome Proyectos Industriales SA, y buscó alianzas con socios locales (Empresarios Agrupados, Equipos Nucleares-ENSA)³⁶³. Framatome contó con el apoyo de altos representantes del Gobierno francés, que insistieron ante sus homólogos españoles en la necesidad de limitar la presencia “excesiva y exclusiva” de Estados Unidos y otorgar un mayor peso a la alternativa europea³⁶⁴.

En el auge nuclear que siguió a la crisis del petróleo surgieron otros muchos frentes de cooperación. Hubo conversaciones para la venta a España de un reactor supergenerador tipo *Phénix*, que finalmente no se llevó a cabo. La JEN disponía ya de un reactor rápido experimental a potencia 0, el Coral I, pero necesitaba un reactor comercial que además de producir energía pudiese reciclar, al menos en parte, el plutonio irradiado en los reactores en funcionamiento³⁶⁵. Como en Vandellós I, las autoridades francesas propusieron la cesión de tecnología “llave en mano”, la formación de un grupo de trabajo mixto para estudiar las modalidades de la operación, y la creación de una sociedad de participación conjunta para liderar los trabajos de construcción.

³⁵⁹ ENRESA (2007) y CSN (1999, 2008).

³⁶⁰ Gonzalvo, Ródenas y Zuaznabar (2018).

³⁶¹ García (1990). Sirva de ejemplo la exposición “Vandellós I. La obra que cambió el municipio”. Organizada por ENRESA en 2011, presentaba, combinando texto e imágenes, el antes y el después de Vandellós I en materia de población, infraestructuras y presupuestos municipales.

³⁶² “Coopération nucléaire avec l’Espagne”, nota de la Direction Générale des Relations Culturelles, Scientifiques et Techniques, Paris, 12/7/1978, AMAE-F, EUROPE, Espagne, 1977-81, vol. 4367.

³⁶³ “Coopération nucléaire avec l’Espagne”, nota de la Direction Générale des Relations Culturelles, Scientifiques et Techniques, 28/1/1976, AMAE-F, EUROPE, Espagne 1971-76, vol. 421.

³⁶⁴ Nota del consejero comercial de la Embajada de Francia en España, Madrid, 31/7/1974, Archives Nationales-Centre des Archives Contemporaines de Fontainebleau, Industrie, 820511/2.

³⁶⁵ “Collaboration franco-espagnole sur les reacteurs rapides”, 3/11/1975, AEDF, B0000469386.

En el sector de la minería, ENUSA y su equivalente francesa COGEMA cooperaron en la explotación de uranio en Níger (yacimientos de Akouta y Akokan). En concreto, ENUSA dispuso, desde 1974, de una participación del 10% en la Compagnie Minière d'Akouta (Cominak).

Fundamental fue también la cooperación en el marco del European Gaseous Diffusion Uranium Enrichment Consortium (Eurodif), fundado en 1972 a iniciativa francesa para hacer frente a la creciente demanda de uranio enriquecido, garantizar la seguridad y estabilidad de los precios y diversificar las fuentes de suministro (o sea, liberarse de la tutela de Estados Unidos). Eurodif construyó en Tricastin (Francia), con tecnología patentada por el CEA, una fábrica para el enriquecimiento de uranio por difusión gaseosa, que equiparía a todos los países miembros en función de su participación en el capital social. ENUSA suscribió el 11,11% de las acciones, obteniendo un volumen de uranio enriquecido que llegó a cubrir el 20% de sus necesidades entre 1978 y 1985³⁶⁶. Eurodif recurrió al mercado internacional para el suministro de los equipos y materiales, logrando la industria española de bienes de equipo pedidos por valor de 600 millones de francos (unos 7.600 millones de pesetas)³⁶⁷. La planta de Tricastin (denominada después George Besse en honor a su primer presidente) comenzó a funcionar en 1978, con una capacidad de tratamiento inicial de 2,6 millones de UTS/año, que al cabo de dos años se amplió a 9 millones de UTS/año. La buena marcha de Tricastin animó a Francia a levantar una segunda planta de enriquecimiento por difusión gaseosa (Compagnie de Réalisation d'Usines de Diffusion Gazeuse-Coredif), con una capacidad inicial de 4 millones de UTS. Como parte integrante de Eurodif, ENUSA participó inicialmente en este segundo proyecto, integrado por Eurodif (51%, ENUSA el 5,6%), el CEA (29%) e Irán (20%). Este segundo proyecto fue finalmente abandonado por la sucesión de retrasos y cancelaciones en los planes nucleares mundiales. Eurodif continúa operando en la actualidad, controlada mayoritariamente por la francesa Orano. La fábrica Georges Besse se cerró en 2011, siendo reemplazada por una nueva planta de enriquecimiento por centrifugación, la Georges Besse II. También se firmaron importantes proyectos bilaterales en otros dos grandes campos: el almacenamiento de residuos y la aplicación de radioisótopos a la medicina y la agricultura. Todos estos proyectos implicaron la firma de contratos de tecnología y asistencia técnica, y el intercambio continuo de expertos entre uno y otro lado de los Pirineos. En 1982 se renovó el acuerdo de 1956, a fin de ratificar los ámbitos de cooperación tradicionales e incluir otros nuevos, como los reactores de fusión, el tratamiento de los residuos y la recuperación paisajística de antiguas minas e instalaciones nucleares³⁶⁸.

Pero las cosas no salieron todo lo bien que esperaban los franceses. Después de Vandellós I Francia no protagonizó ninguna otra operación de envergadura en el programa nuclear español, efecto combinado de la moratoria y la competencia de otros países extranjeros. Las centrales españolas de segunda y tercera generación que vieron la luz fueron atribuidas a Estados Unidos y Alemania, cuyas ofertas superaron a las francesas en precio, condiciones de financiación, calidad y garantía de suministro³⁶⁹. La moratoria lastró los proyectos de supergeneradores y obligó a recalcular a la baja los pedidos a Eurodif. Todos estos proyectos permanecieron en suspenso durante algunos años, no siendo directamente anulados por la indefinición de las autoridades españolas, que en sus conversaciones con las francesas hacían gala de un gran optimismo y prometían un próximo relanzamiento del programa nuclear español.

³⁶⁶ "Enrichissement européen: un calendrier chargé", 19/9/1973, AEDF, caja 891165.

³⁶⁷ ENUSA. *Memoria 1977*, Archivo ASEPI, INI. Las principales adjudicatarias fueron Duro-Felguera (elementos filtrantes), Babcock y Wilcox, Maquinista Terrestre y Marítima (coberturas metálicas), SENER y las filiales españolas de Westinghouse y General Electric (transformadores).

³⁶⁸ "Les relations industrielles franco-espagnoles", nota del Ministère du Redéploiement Industriel et du Commerce Extérieur, Paris, 9/10/1984, AMAE-F, Europe, Espagne, 1982-1986, vol. 5148.

³⁶⁹ AGA-Industria, cajas 71/10784 a 71/10790.

A principios de los años ochenta, las autoridades francesas admitían que el balance de sus relaciones nucleares con España resultaba modesto y decepcionante. La proximidad geográfica, la antigüedad de relaciones y la ambición de los programas nucleares de ambos países tendrían que haber aportado resultados más satisfactorios³⁷⁰.

Pero, aunque no hubo otro gran proyecto como Vandellós I, la cooperación nuclear franco-española siguió muy presente en los campos científico-técnico e industrial, como demuestran los numerosos programas de becas, estancias en laboratorios y empresas, y proyectos de investigación bilaterales, así como las asociaciones empresariales para realizar actividades de mantenimiento y seguridad en instalaciones de España y Francia, y emprender planes industriales en terceros países, especialmente los de América Latina y Asia.

Hoy es prioritario el tema de los residuos radiactivos: ENRESA y ANDRA mantienen potentes cauces de intercambio, que se reflejan, entre otros aspectos, en el cruce de especialistas y la elaboración conjunta de estudios preparatorios previos a sus respectivos planes nacionales. ANDRA y Technicatome asistieron a ENRESA en la construcción del centro de almacenaje de residuos de media y baja actividad de El Cabril (Córdoba), que sigue el modelo de almacenamiento cerca de superficie con barrera de ingeniería aplicado en Francia en el centro de L'Aube³⁷¹. Además, diversas empresas españolas y francesas se han dado cita en los procesos de desmantelamiento de centrales (acuerdo Framatome-ENSA para el tratamiento del grafito almacenado en Vandellós I, por ejemplo³⁷²), así como en destacados proyectos internacionales, como el reactor europeo de investigación Jules Horowitz, liderado por el CEA, o el ambicioso proyecto mundial de fusión nuclear ITER, en el que participan, entre otras, Tecnatom, ENSA y Empresarios Agrupados³⁷³.

Conclusión

Francia, con una larga tradición en investigaciones relacionadas con el átomo, entró en la segunda mitad del siglo XX en el grupo de las grandes potencias nucleares mundiales, estimulada primero por la voluntad de dotarse de armamento atómico, y después por el crecimiento económico de los "Treinta Gloriosos" y el deseo de recuperar protagonismo en el escenario mundial.

Tras unos años difíciles en la inmediata posguerra, las relaciones nucleares franco-españolas crecieron con fuerza en los años cincuenta. Desde las agencias nucleares de uno y otro lado de los Pirineos, Otero y Goldschmidt impulsaron la formación en Francia de una élite de físicos e ingenieros españoles, en su mayoría titulados superiores, que enseguida ocuparían puestos de responsabilidad en España. Simultáneamente, las compañías productoras de energía eléctrica concluyeron sucesivos acuerdos para el intercambio bilateral de energía eléctrica.

³⁷⁰ Nota de la Direction des Affaires Politiques-Sousdirection de Questions Atomiques et Spatiales du MAE-F, Paris, 12/11/1980, AMAE-F, EUROPE, Espagne, 1977-81, vol. 4367.

³⁷¹ Caro (1995), p. 137.

³⁷² Albert y Pla (1997), p. 15.

³⁷³ Foro nuclear, Catálogo de la industria nuclear española 2023, disponible en <https://www.foronuclear.org/wp-content/uploads/2023/05/2023-Catalogo-industria-nuclear-espanola.-version-web.pdf?x67659>

Estados Unidos estuvo siempre presente en las relaciones nucleares franco-españolas. El deseo de emular los logros de la primera potencia mundial se combinó con la voluntad de independencia política y energética. Franceses y españoles eran conscientes de la imposibilidad de reemplazar a Estados Unidos, dadas sus altísimas capacidades tecnológicas y financieras, pero encontraron en el otro su “second best”, es decir la mejor alternativa para diversificar sus fuentes exteriores de suministro, reducir la dependencia respecto a la gran potencia americana y promover la cooperación en el ámbito de Europa occidental.

Vandellós I fue el tercer reactor comercial instalado en España, conformando, junto a Zorita y Santa María de Garoña, el grupo de las centrales nucleares de primera generación. Vandellós I constituyó ante todo un caso excepcional en el desarrollo nuclear español. Fue el único reactor de origen francés, el único que funcionó con uranio natural y no enriquecido, y el único financiado mayoritariamente por entidades públicas. Constituyó, además, la primera y única exportación de la tecnología francesa UNGG. Y se trató, por último, del primer reactor del parque nuclear español que fue desmantelado después del accidente nuclear más grave ocurrido nunca en España.

¿Por qué salió adelante un proyecto cuya falta de rentabilidad económica había sido reiteradamente puesta en evidencia? En plena política exterior de *Grandeur*, Francia aspiraba a ocupar un lugar preferente en la historia nuclear mundial, rivalizando con las dos superpotencias de la Guerra Fría. Necesitaba acceder al mercado internacional para demostrar la viabilidad comercial de su tecnología y ampliar las perspectivas de negocio de las miles de empresas nacidas en Francia al calor del sector. Para contrarrestar el diferencial de precio y la previsible obsolescencia de la tecnología UNGG frente a las tecnologías PWR y BWR, el Gobierno francés consintió a España compensaciones excepcionales: préstamos ventajosos en interés y plazos de amortización, una elevada participación de la industria nacional en los procesos de construcción y mantenimiento de la central, mayores apoyos a proyectos industriales y políticos, y un uso relativamente libre del combustible gastado. El Gobierno español, por su parte, vio en Vandellós I no solo una excelente iniciativa para incrementar la producción eléctrica de la zona de Cataluña, sino también para diversificar sus opciones políticas, económicas y tecnológicas, y contar con el socio francés para avanzar en el camino hacia Europa.

Efectivamente, la apuesta por la tecnología francesa excedió las consideraciones económicas. Vandellós I, pieza clave de la colaboración nuclear franco-española, resultó al final una decisión más política que económica. Ciertamente que la iniciativa privada no fue ajena al proceso, pero también que los principales interlocutores fueron los Gobiernos, sin cuya intervención es muy probable que el proyecto no hubiese visto la luz. En todo caso, Vandellós I fomentó las capacidades nucleares de ambos países y la diversificación de sus opciones de política exterior, jugando sin duda en beneficio de la modernización económica y la integración europea de España.

BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA, Faustino, coord. (2022), *El desarrollo de la industria nuclear en España. Contexto y retos empresariales*, Madrid, Sociedad Nuclear Española.
- ALBET, Víctor y PLA, Enric (1997), "Desmantelamiento de Vandellós 1. La operación después de la operación", *Nuclear España. Revista de la SNE*, 165, pp. 12-15.
- AYKUT, Stegan C. (2012), *Comment gouverner un 'nouveau risque mondial'? La construction du changement climatique comme problème public à échelle globale et euroéenne en France et en Allemagne*, Paris, EHESS.
- BLANC, Jacques (2008), "Les mines d'uranium et leurs mineurs français: une belle aventure", *Réalités Industrielles*, núm. agosto, pp. 35-43.
- BRETÓN, Arturo y FOLGUERA, Manuel (1987), "Vandellós 1. Balance de la explotación de los quince primeros años", *Nuclear España. Revista de la SNE*, 56, pp. 21-25.
- CARLE, Rémy (1993), *L'électricité nucléaire*, Paris, PUF.
- CARO, Rafael et al. (1995), *Historia nuclear de España*, Madrid, Sociedad Nuclear Española.
- CARPIO, Alfonso (2012), "Ciencia y política exterior francesa en la España de Franco: el caso de los físicos catalanes", en Xavier Roqué y Néstor Herrán, eds., *La física en España (1939-1975)*, Barcelona, UAB, pp. 221-238.
- CSN (1999), *Las centrales nucleares españolas*, Madrid, CSN.
- CSN (2008), *Desmantelamiento y clausura de centrales nucleares*, Madrid, CSN.
- DÄNZEL-KANTOF, Boris y TORRES, Félix (2013), *L'énergie de la France : du Zoé aux EPR, une histoire du programme nucléaire français*, Paris, F. Bourin.
- DE LA TORRE, Joseba y RUBIO-VARAS, Mar (2015), *La financiación exterior del desarrollo industrial español a través del IEME, 1950-1982*, Madrid, Banco de España.
- ENRESA (2007), *Central Nuclear de Vandellós I. Memoria del desmantelamiento, 1998-2003*, Madrid, ENRESA.
- FERNÁNDEZ, Carlos y PÉREZ, Joaquín (1987), "Vandellós 1. Comportamiento del generador de vapor", *Nuclear España. Revista de la SNE*, 56, pp. 27-33.
- FOASSO, Cyrille (2007), "La R&D nucléaire en France de 1945 à 1965: le Département des études de piles du CEA", *Annales Historiques de l'Electricité*, 5, pp. 63-74.
- GARCÍA, Xavier (1990), *La Catalunya nuclear*, Barcelona, Columna.
- GOLDSCHMIDT, Bertrand (1969), *Las rivalidades atómicas*, Madrid, JEN.
- GONZALVO, Carlos, RÓDENAS, Juan F. y ZUAZNABAR, Guillermo (2018), "Centrales nucleares y patrimonio: el caso de la central nuclear de Vandellós I (Tarragona)", *Revista Electrónica de Patrimonio Histórico*, 23, <https://doi.org/10.30827/e-rph.v0i23.17862>
- HECHT, Gabrielle (2001), "Planning a Technological Nation: Systems Thinking and the Politics of National Identity in Postwar France", en Hughes, A.C. y Hughes, T., eds., *Systems, experts and computers: The systems approach in management and engineering WWII and after*, Cambridge MA, The MIT Press, pp. 133-160.

HECHT, Gabrielle (2004), *Le rayonnement de la France. Énergie nucléaire et identité nationale après la Seconde Guerre Mondiale*, Paris, Éditions La Découverte (traducción de *The radiance of France: Nuclear Power and National Identity after World War II*, Boston, The MIT Press).

HECHT, Gabrielle (2012), *Being Nuclear: Africans and the Global Uranium Trade Hardcover*, Cambridge MA, The MIT Press.

HIFRENSA (1997), *Vandellós 1. Historia de la primera central nuclear catalana*, Barcelona, HIFRENSA.

JOBERT, Arthur y LE RENARD, Claire (2014), "Framing Prototypes: the Fast Breeder Reactor in France, 1950s-1990s", *Science & Technology Studies*, 27, pp. 7-26.

LAMIRAL, Georges (1988), *Chronique de trente années d'équipement nucléaire à Electricité de France*, Paris, AHEF.

LEHTONEN, Markku (2015), "Megaprojet Underway: Governance of Nuclear Waste Management in France", en A. Brunnengraber et al. eds, *Governance of Nuclear Waste Management: An international comparaison*, Wiesbaden, Springer, pp. 117-138.

MARTY, Frédéric y SANCHEZ, Esther M. (2000), "La centrale nucléaire hispano-française de Vandellós: logiques économiques, technologiques et politiques d'une décision", *Bulletin d'Histoire de l'Electricité*, 36, pp. 5-30.

MORSEL, Henri (1996), *Histoire de l'électricité en France (T.3. 1946-1987)*, Paris, Fayard.

OTERO NAVASCUÉS, José M^a (1960), "La Junta de Energía Nuclear en 1960", *DYNA. Revista de la Asociación Nacional de Ingenieros Industriales de España*, julio, pp. 3-32.

PAUCARD, Antoine (1992-1996), *La mine et les mineurs de l'uranium français*, 3 vols. Paris, Éditions Thierry Parquet.

REUSS, Paul (2007), *L'épopée de l'énergie nucléaire : une histoire scientifique et industrielle*, Les Ulis, EDP Sciences.

RÓDENAS Juan F. y PLA Elisenda (2008), *Antonio Bonet Castellana. Poblat d'Hifrensa, l'Hospitalet de l'Infant*, Barcelona, Col·legi d'Arquitectes de Catalunya.

ROMERO DE PABLOS, Ana (2019), *Las primeras centrales nucleares españolas. Actores, políticas y tecnologías*, Madrid, Sociedad Nuclear Española.

ROMERO DE PABLOS, Ana y SÁNCHEZ-RON, José Manuel (2001), *Energía nuclear en España. De la JEN al CIEMAT.*, Madrid, Ediciones Doce Calles/Ciemat.

RUBIO-VARAS, Mar y DE LA TORRE, Joseba, eds., (2017), *The Economic History of Nuclear Energy in Spain: Governance, Business and Finance*, Palgrave Macmillan.

SÁNCHEZ, Esther M. (2006), *Rumbo al Sur. Francia y la España del desarrollo, 1958-1969*, Madrid, CSIC.

SÁNCHEZ, Esther M. (2010), "La connexió hispano-francesa: intercanvis d'energia elèctrica i cooperació nuclear, c. 1950-1990", *Recerques*, 61, pp. 101-136.

SÁNCHEZ, Esther M. (2022), "The training in France of Spanish nuclear personnel, c. 1950s–1990s", *History and Technology*, 38 (1), pp. 3-30.

SÁNCHEZ, Esther M. y LÓPEZ, Santiago M. (2021), *Historia del uranio en España. De la minería a la fabricación del combustible nuclear, c.1900-1986*, Madrid, Sociedad Nuclear Española.

- SAUVAGE, Jean-François (2004), *Phénix, 30 years of History-The Heart of a Reactor*, Bagnols-sur-Cèze, CEA-EDF.
- SIMMONOT, Philippe (1978), *Les nucléocrates*, Paris, Presses Universitaires de Grenoble.
- SOUTOU, Georges-Henri y BELTRAN, Alain, dirs. (1995), *Pierre Guillaumant, la passion des grands projets industriels*, Paris, Editions Rive Droite.
- TAYLOR, Simon (2016), *The Fall and Rise of Nuclear Power in Britain*, Cambridge, UIT Cambridge.
- TOMPKINS, Andrew S. (2016), *Better Active than Radioactive!: Anti-Nuclear Protest in 1970s France and West Germany*, Oxford, Oxford UP.
- TOPÇU, Sezin (2010), *L'agir contestataire à l'épreuve de l'atome. Critique et gouvernement de la critique dans l'histoire de l'énergie nucléaire en France (1968-2008)*, Paris, Écoles des Hautes Études en Sciences Sociales.
- TOPÇU, Sezin (2013), *La France Nucléaire. L'art de gouverner une technologie contestée*, Paris, Seuil.
- TORRES, Félix (2017), "Le système nucléaire français des années 1950 à nos jours, acteurs et structures. Une mise en perspective", *La Revue de l'Énergie*, 634, pp. 66- 82.
- ULLMAN, Richard (1989), "The Covert French Connection", *Foreign Policy*, 75, pp. 3-33.
- VAÏSSE, Maurice (1998), *La Grandeur. Politique étrangère du général de Gaulle 1958-1969*, Paris, Fayard.
- VELARDE, Guillermo (2016), *Proyecto Islero. Cuando España pudo desarrollar armas nucleares*, Córdoba, Guadalmazán.
- VIGUIÉ, Renan (2014), *La traversée électrique des Pyrénées. Histoire de l'interconnexion entre la France et l'Espagne*, Bruxelles, Peter Lang.
- VILLAIN, Jacques (2014), *La forcé nucléaire française. L'aide des États-Unis*, Paris, Institut de Stratégie Comprée.
- WEART, Spencer R. (1980), *La grande aventure des atomistes français. Les savants au pouvoir*, Paris, Fayard.

Capítulo 2.3 La entrada de Alemania Occidental en el programa nuclear español

GLORIA SANZ LAFUENTE

Mucho antes de que comenzaran a asentarse las relaciones en el ámbito nuclear y de que ingenieros españoles y alemanes trabajasen en la central nuclear de Trillo, se habían ido configurando importantes vínculos científicos y empresariales, así como un interés recíproco entre España y Alemania. El sector eléctrico fue uno de los sectores clave de aquella cooperación temprana. En 1901 se constituyó AEG Ibérica de Electricidad SA; en 1910 Siemens, presente en España desde 1895, abrió una fábrica en Cornellá (Barcelona); y en 1924 la Industrial Latina de Electricidad Aplicada SA (ILDEA) fundó en Getafe (Madrid) una fábrica de aparatos de rayos X. Además, una cuarta parte de los becados en el exterior por la Junta de Ampliación de Estudios entre 1907 y 1936 tuvo como destino Alemania³⁷⁴.

Ambos países hubieron de renunciar trágicamente a parte de su capital humano científico y técnico por el exilio y la represión que trajeron consigo la Guerra Civil española y la II Guerra Mundial³⁷⁵. Durante esta última, Alemania fue el destino preferido por los especialistas del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)³⁷⁶ y del Instituto Nacional de Industria (INI)³⁷⁷. Simultáneamente, y a pesar de la no intervención militar (que no neutralidad), algunas empresas españolas colaboraron como proveedoras del Ejército alemán³⁷⁸.

El final del conflicto mundial significó una pérdida de recursos, personal técnico y patentes en Alemania Occidental, que fueron transferidos a Estados Unidos y, en menor medida, a Reino Unido y Francia. Aunque no formaba parte del grupo de países vencedores de la guerra, España se convirtió también en un espacio de acogida de técnicos y tecnología alemanes. Baste señalar los casos de Hispano Aviación SA y Willy Messerschmitt en 1951, del diseño del fusil CETME o de la colaboración con la Empresa Nacional Bazán de Construcciones Navales Militares. Fueron proyectos marcados por la impronta militar de los gestores del INI y por la experiencia bélica reciente de los técnicos alemanes. Ese grupo de científicos y técnicos alemanes trabajaron en España en ámbitos como el radar, el armamento ligero, la óptica, la aeronáutica o los submarinos, aunque buena parte de ellos regresaron a Alemania a mediados de los cincuenta³⁷⁹.

³⁷⁴ Rebok (2010), pp. 20-21, Briesemeister (2010), pp. 20-21 y p. 75, Loscertales (2002), García-Velasco (2010), p. 151, y Janué i Miret (2010), pp. 173-174.

³⁷⁵ Para España, Giral (1994), pp. 337-365, y López y Santesmases (2006), pp. 891-918. Para Alemania, Kaiser und König (Hrsg.), p.226

³⁷⁶ Sánchez-Ron (2010), pp. 313-314.

³⁷⁷ López (1996), pp. 265-276, y López (2008), pp. 95-100. Entre 1942 y 1944 Berlín fue el único lugar en el que el INI tuvo una oficina permanente para gestionar contactos con empresas. Sanz Díaz (2010), p. 365, y Sanz Díaz (2019), pp. 182-212

³⁷⁹ Presas i Puig (2006), pp. 160-62, Sánchez-Ron (2010), p. 317, Presas i Puig (2008), pp. 178-182, y López (1996).

³⁷⁸ Catalán (1995), pp. 169 y ss y 226 y ss, y Viñas (2001), pp. 487 y ss.

En el ámbito nuclear, la iniciativa de las relaciones con Alemania partió del presidente de la Junta para Investigaciones Atómicas (JIA), José María Otero Navascués. En 1949, al año de la creación de la JIA, Otero visitó la Sociedad Max-Planck de Göttingen, presidida por Otto Hahn (premio Nobel en 1944 por el descubrimiento de la fisión del uranio) y en la que Werner Heisenberg (premio Nobel de Física en 1932) dirigía el Instituto de Física. También estaban vinculados al organismo otros conocidos científicos, como Carl Friedrich von Weizsäcker, Karl Wirtz o Max von Laue, que habían formado parte activa del proyecto de bomba atómica nazi. Otero viajó asimismo a Heidelberg. Allí, Walther Bothe (premio Nobel de Física en 1954 junto a Max Born por su trabajo sobre el contador Geiger) había puesto en marcha en 1944 el primer ciclotrón alemán, que en la inmediata posguerra siguió produciendo radioisótopos para la biología y la medicina³⁸⁰.

Cinco años después del final de la contienda, Hahn, Heisenberg y Wirtz visitaban Madrid invitados por el CSIC. Físicos españoles posteriormente vinculados a la Junta de Energía Nuclear (JEN), como Carlos Sánchez del Río, María Aránzazu "Xula" Vigón o Ramón Ortiz Fornaguera, fueron recibidos en Göttingen. Ambos países contaban ya con canales de comunicación con Estados Unidos, país líder en tecnología nuclear. La cooperación nuclear hispano-alemana se aceleró desde mediados de los años cincuenta, con destacada presencia del científico Karl Wirtz y del Centro de Investigación Nuclear de Karlsruhe (Kernforschungszentrum Karlsruhe, KFK, por sus siglas en alemán).

Esta cooperación cristalizó en la central nuclear de Trillo. El 29 de julio de 1975 Unión Eléctrica SA (UESA) envió a Westinghouse la decisión en favor de la empresa alemana Kraftwerk Union AG (KWU AG), y el 4 de septiembre del mismo año el Ministerio español de Industria publicó la autorización previa para dos unidades³⁸¹. Alemania lograba acceder a un mercado hasta entonces dominado por las grandes multinacionales norteamericanas Westinghouse y General Electric, con la única excepción del reactor hispano-francés de Vandellós I³⁸². En aquellos años, Alemania era uno de los grandes socios tecnológicos y financieros de España, detrás de Estados Unidos y compartiendo posiciones con Francia. La confianza de las empresas españolas en su potencial



Karl Wirtz en 1975 frente al reactor de investigación FR2, ubicado en el Instituto Tecnológico de Karlsruhe. Fuente: *Karlsruher Institut für Technologie, KIT-Archiv.*

³⁸⁰ Sánchez-Ron (2010), pp. 319 y ss.

³⁸¹ Carta de 12/9/1975 en Generallandesarchiv Karlsruhe (GLA), Abt. 69 KFK-INR Nr.168.

³⁸² Hasta 1975, dos de los tres reactores y el 57% de la potencia instalada procedían de Westinghouse y General Electric. Además, el 90% de la potencia y diez de los once reactores pre-autorizados y autorizados hasta finales de 1975 estaban vinculados a empresas norteamericanas. De la Torre y Rubio-Varas (2015), De la Torre y Rubio-Varas (2018), pp. 29–55, y De la Torre, Rubio-Varas, Sánchez-Sánchez y Sanz Lafuente (2022), pp. 1435- 1459.

industrial se hallaba ampliamente extendida³⁸³. La imagen de éxito derivada de la larga trayectoria inversora de empresas como AEG y Siemens³⁸⁴, que en 1969 habían formado la KWU, se había visto incrementada tras su victoria sobre el gigante norteamericano Westinghouse.

En este capítulo se estudia el complejo arco de relaciones establecidas entre empresas e instituciones nucleares de España y Alemania occidental³⁸⁵. Se analizan sus limitaciones iniciales, las dificultades y la progresiva construcción de relaciones de colaboración en los diversos contextos políticos y económicos. El objetivo último es explicar cómo se ganó el proyecto de la central nuclear de Trillo. Licencias, acuerdos de I+D, contratos de suministro con asistencia técnica, participaciones accionariales, financiación de ayuda al desarrollo y otras formas diferentes de relaciones, forjadas durante años, confluyen en el análisis de este proyecto bilateral pero con amplias conexiones internacionales³⁸⁶.

2.3.1. Científicos alemanes en los inicios del programa nuclear español (1949-1966)

El sector nuclear tuvo desde sus orígenes un marcado carácter intersectorial e internacional. Su financiación, recursos tecnológicos y control político difirieron no obstante enormemente de unos países a otros. En lo que respecta a los presupuestos, el de la Atomic Energy Commission (AEC) de Estados Unidos era de unos 11.500 millones de dólares en 1960. A mucha distancia se encontraban el de la Atomic Energy Authority (UKAEA) británica (unos 1.000 millones) y el del Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) francés (900 millones). El presupuesto alemán del Ministerio Federal de Investigación Científica era 270 millones. Mucho más lejos de estas cifras se situaba el presupuesto de la JEN, que ascendía a unos 15 millones de dólares en 1968. La agencia española contaba entonces con 2.100 personas empleadas, 1.100 en el centro de Moncloa en Madrid (300 titulados superiores) y el resto en otros lugares relacionados con la minería del uranio³⁸⁷. Solamente el KfK tenía 871 trabajadores en 1960, con 227 académicos y 439 investigadores visitantes en formación procedentes de 30 países³⁸⁸.

Desde los años cincuenta, la RFA y España compartieron, junto a otros muchos países, espacios de encuentro supranacionales como la European Atomic Energy Society (EAES), la European Nuclear Energy Agency (ENEA) y el lobby del sector nuclear Foratom. Ambos países formaron parte además de la International Atomic Energy Agency (IAEA), surgida como centro de control y supervisión internacional. Y posteriormente colaborarían en diversos proyectos de investigación en el marco del CERN y Euratom³⁸⁹.

³⁸³ Reunión del Consejo de Administración de UESA, 12/9/1975, en Archivo histórico de la Sociedad Estatal de Participaciones Industriales (ASEPI).

³⁸⁴ Loscertales (2002), pp. 147 y 156.

³⁸⁵ Parte del contenido fue publicado en 2017 en inglés en Sanz Lafuente (2017), pp. 187-215.

³⁸⁶ Berhoff (2004), pp. 172-173, y Casson y Cox (1993), pp. 42-53.

³⁸⁷ Rembser (1966), pp. 114-118. El propio autor señala las dificultades para hacer comparaciones. Los datos de España en el informe de la visita a la JEN en 1968. Karl Wirtz, "Atomenergie in Spanien", 18/9/1968, GLA, Abt. 69 KfK INR- Nr.104.

³⁸⁸ "Bericht der Geschäftsführung ...seit", 29/4/1960, GLA, Abt. 69 KfK-GF-1 Nr. 152.

³⁸⁹ Carta de la European Atomic Society, 10/4/1957, GLA, Abt. 69 KfK-INR Nr 257; *Energía Nuclear*, 146, 1983, p. 598. Los datos de participación en GLA, Abt. 69 KfK n° 358, "Über die deutsche Beteiligung an internationalen Projekten", Dr. Schnurr Vortrag anlässlich der 1. Technischen Tagung des Deutschen Atomforums in Karlsruhe vom 11. bis 13/10/1960.

Hacia un ecosistema industrial nuclear en Alemania occidental

Los inicios de la industria nuclear alemana fueron tardíos si los comparamos con Estados Unidos, Gran Bretaña, Francia o la URSS. El Consejo de Control de los Aliados prohibió actividades en el ámbito de la física nuclear aplicada y sometió a vigilancia todos los materiales e instalaciones³⁹⁰. Solamente en 1955 se recuperó la soberanía en estos ámbitos, a la vez que la RFA ingresaba en la OTAN. La prohibición de enriquecer uranio se mantuvo hasta 1960³⁹¹.

Alemania occidental contó desde 1955 con un Ministerio de Asuntos Nucleares, cuya dirección recayó en el democristiano Franz Josef Strauss (CSU)³⁹². A este Ministerio le correspondió la obtención de los primeros reactores de prueba en Estados Unidos y Gran Bretaña, la redacción de una ley nuclear que se promulgó en 1960, así como la organización de los dos principales órganos consultivos del Ministerio: la Comisión Atómica Alemana, formada por representantes de la industria, la ciencia y del propio Ministerio, y la Comisión para la Seguridad de los Reactores (conocida como GRS, por sus siglas en alemán), con una composición similar pero obligada desde 1958 a tomar las decisiones por unanimidad³⁹³. El Ministerio de Asuntos Nucleares se encargó de poner en marcha el primer programa nuclear quinquenal (*Eltwiller Programm*), vigente de 1958 a 1962, al que seguirían cuatro más³⁹⁴. Los dos organismos de referencia en materia nuclear fueron el Centro de Investigación Nuclear de Karlsruhe (KfK), dirigido por Wirtz desde 1957, y el Centro de Investigación de Jülich (KFA), en los que confluyeron destacados científicos e investigadores, a veces en competencia. Hubo otros espacios compartidos por industriales y científicos como la Sociedad de Estudios de Física (PSG), fundada en Düsseldorf en 1954³⁹⁵.

Tras la Conferencia “Átomos para la Paz” (1953), empresas alemanas vinculadas al sector químico, la construcción y la fabricación de componentes eléctricos mostraron interés por las oportunidades de negocio que parecía ofrecer el desarrollo nuclear³⁹⁶. En particular, Hoechst y Degussa se interesaron por la manufactura del combustible y la producción de moderadores para los reactores, como el agua pesada. En el caso de la electrotecnia, AEG y General Electric estaban vinculadas a Estados Unidos mediante participaciones accionariales concluidas antes de la contienda, y en los años siguientes firmaron diversos acuerdos relacionados con el sector nuclear (en 1958, por ejemplo, obtuvieron el contrato de la central nuclear de Kahl am Main)³⁹⁷. Siemens, por su parte, con una amplia trayectoria de relaciones previas a la guerra, amplió en 1957 el acuerdo firmado con Westinghouse en 1954, que incluía una licencia para la transferencia de la tecnología de reactores. De esta manera, AEG se vinculaba a los reactores de agua ligera en ebullición de General Electric (BWR), los más baratos

³⁹⁰ Ley 25, de 29 de abril de 1946, y ley 22, de 2 marzo de 1950. Knoll (2013), p. 210, y Tilmann (2015), pp. 61 y ss.

³⁹¹ Kaiser und König (Hrsg.), pp. 235-236.

³⁹² A Strauss le siguió Siegfried Balke (CSU). En 1962, con Hans Lenz (FDP), el Ministerio pasó a denominarse Ministerio Federal de Investigación Científica. Se mantuvo con esta denominación entre 1965 y 1969 con Gerhard Stoltenberg (CDU). A partir de 1969, bajo la dirección de Hans Leussink (sin partido), pasó a ser el Ministerio Federal de Educación y Ciencia.

³⁹³ Esta segunda institución se integró en 1972 en el Ministerio de Interior.

³⁹⁴ Radkau (1983), pp. 149, 265 y 449.

³⁹⁵ Se trataba de un espacio de sociabilidad presidido por Karl Winnacker, presidente de la empresa Hoechst AG y del Foro Atómico alemán de 1959 a 1973. Heinrich Mandel (RWE) le sucedió ese mismo año.

³⁹⁶ Marx (2015), pp. 3-28

³⁹⁷ Hilger (2004), pp. 65-67, y Hanel (2015), pp. 100-101.

y simples del mercado en aquel momento, mientras que Siemens compaginaba el modelo de Westinghouse de agua ligera a presión (PWR) con la búsqueda de un reactor propio basado en la utilización de agua pesada y uranio natural (*Schwerwassereaktor*)³⁹⁸.

No solamente despuntaba la colaboración de Siemens con Westinghouse y de AEG con General Electric. Cabe destacar también los contactos de otras empresas relevantes, como Demag AG, que colaboró con Atomic International e Interatom (Internationale Atomreaktorbau GmbH)³⁹⁹, Nukem, dedicada a la producción de combustible nuclear con mayoría de capital alemán, y Degussa, vinculada al sector químico y a la minería. En resumen, hubo una cooperación industrial basada en la experiencia previa en otros campos y en el reconocimiento del dominio de la industria norteamericana de reactores de agua ligera, que se materializó en la compra de las licencias norteamericanas y en la formación de empresas conjuntas.

Además del desarrollo tecnológico autónomo en materia de reactores (agua pesada), también se avanzó en el área de instrumentación y control de los reactores de agua ligera⁴⁰⁰. En lo que respecta al ciclo del combustible, surgió una pronta colaboración europea que llevó a la constitución, en 1969, de la empresa Uranit (formada por Nukem, Gelsenberger y Hoechst), que junto a Ultracentrifuge Netherland y British Nuclear Fuel formaron el consorcio Urenco en 1971. Para el enriquecimiento del uranio, utilizaron el método del centrifugado (alternativo al de difusión gaseosa de Eurodif, de tradición norteamericana)⁴⁰¹. Estos avances tecnológicos e industriales no estuvieron exentos, como en otros países nucleares, de críticas procedentes de diversos ámbitos de la política y la sociedad alemana⁴⁰².

Las primeras relaciones en España: Del agua pesada al reactor rápido

Aunque el despegue nuclear de la RFA fue tardío y tutelado en gran medida por Estados Unidos y los aliados, la vinculación con el programa nuclear español fue muy temprana. Destacados físicos e ingenieros españoles realizaron estancias en Alemania antes de la guerra, como el ingeniero de minas José Cabrera, presidente de Unión Eléctrica, que dio nombre a la primera central nuclear en España⁴⁰³. Durante los años cincuenta y primeros sesenta, las relaciones científicas se canalizaron a través de la JEN y el KFK. Es conocida la presencia de Otero Navascués en Göttingen en 1949, la de Wirtz en Madrid en 1951 y también la correspondencia entre ambos y de Wirtz con Xula Vigón, Carlos Sánchez del Río y José Romero Ortiz, ingeniero jefe del Instituto Geológico y Minero⁴⁰⁴. Paralelamente, y al igual que ocurrió en otros países, se produjeron los primeros contactos con responsables de la industria, como Heinz Schimmelbusch (Nukem), que acompañó a Wirtz en su primer viaje a España en 1951, y los promotores de las firmas Degussa y Leybold, a las que la JEN realizó algunos pedidos⁴⁰⁵. El ministro alemán de Asuntos Nucleares, Franz Josef Strauss, viajó oficialmente a España en 1956, un año después de haber viajado manera no oficial por asuntos militares y guiado por la posibilidad de adquirir uranio.

Con motivo de su visita al centro de la JEN en Moncloa (23-26 de junio de 1955), Wirtz redactó un informe de situación sobre España. Comenzaba reconociendo el dominio anglosajón en una industria en ciernes y en

³⁹⁹ Winnacker y Wirtz (1975), p. 160. A mediados de los 70 esta empresa pasó a manos de la KWU.

⁴⁰⁰ Esta información ha sido suministrada por Leopoldo Antolín.

⁴⁰¹ Ver Alonso (1983).

⁴⁰² Joppke (1993) y Flam (1994).

⁴⁰³ Unión Eléctrica Madrileña (1962), pp. 5-6, y Rubio Varas y De la Torre (2017), pp. 119-154.

⁴⁰⁴ Presas (2000), pp. 527-602.

⁴⁰⁵ Wirtz (1988), p. 87. CSIC. *Curso de Física Nuclear Aplicada* (noviembre 1950-julio 1951), GLA, Abt. 69 KfK-INR Nr 52.

evolución, así como su estrecha vinculación con la demanda militar. Apuntaba que esta relación impedía el desarrollo práctico y libre de la tecnología nuclear en muchos países. Wirtz subrayaba, por otro lado, que los programas nucleares de los *first movers*, como era el caso de Estados Unidos, Francia y Gran Bretaña, tenían una doble finalidad: el suministro propio y la generación de una industria de exportación de reactores. Para Wirtz, España era uno de los países en los que la energía nuclear iba a tener mayor relevancia, dada la limitación de sus reservas de carbón. Y pese a la distancia que la separaba de Alemania Occidental en producción industrial y formación de capital humano técnico, ambos países se encontraban en la misma encrucijada y dentro de una incertidumbre tecnológica sobre el futuro de los distintos tipos de reactores. Parecía claro, en cualquier caso, que el mercado norteamericano de reactores de ensayo era preferente, y que España debía comprarlos para disponer de un medio de experimentación propio hacia el que orientar a sus jóvenes físicos y técnicos nucleares. También que la construcción de un reactor propio habría de vincularse a la tecnología de agua pesada, que era más simple y un buen precedente de reactores más avanzados.

Como otros muchos expertos, Wirtz atribuía a la minería de uranio un papel importante como fuente de independencia para cualquier programa nuclear⁴⁰⁶. Con datos de la JEN de 1955, calificaba como “considerables” las reservas españolas de uranio y animaba enérgicamente a potenciar el resto de las etapas del ciclo, especialmente la fabricación de combustible. Como recomendación final, instaba a España a no sembrar dudas sobre las aplicaciones pacíficas de este desarrollo nuclear. En resumen, el informe de Wirtz abogaba por la implantación en España de un programa nuclear que ofrecería “grandes posibilidades económicas”, no solo por la producción de electricidad a gran escala, sino también por la formación de una industria nuclear nacional fuerte en todas las etapas del ciclo del combustible⁴⁰⁷.

En los años siguientes, la cooperación nuclear hispano-alemana continuó avanzando, protagonizada por la JEN, el KfK y, de forma menos destacada, algunas empresas como Degussa y Nuken. Entre otras operaciones, se concretó la exportación a España de grafito puro destinado a los reactores experimentales Argos y Arbi (compañía Graphitwerk Kropfmühl AG, 1958⁴⁰⁸). Recién iniciados los años sesenta, se solicitó, con la intermediación de Otero y Wirtz, financiación pública federal para un proyecto en España de reactor de usos múltiples que funcionaría sobre la base de uranio natural con agua pesada como moderador. Wirtz se dirigió a Dr. J. Pretsch, del Ministerio de Asuntos Nucleares, pero le comunicaron que un apoyo financiero, en forma de ayuda al desarrollo, no se podía aplicar y que solamente un pedido a una industria alemana podría dar lugar a considerar el proyecto español⁴⁰⁹.

Que el programa nuclear español privilegiara en sus orígenes el desarrollo tecnológico sobre la base de uranio natural no era extraño, y que en su colaboración con investigadores alemanes apareciese el interés por modelos basados en el agua pesada tampoco, porque ese era uno de los desarrollos tecnológicos seguidos internacionalmente. En España, en el ámbito del agua pesada, destacó la colaboración entre la JEN y una empresa privada,

⁴⁰⁶ Carta de J. Romero Ortiz a Karl Wirtz, 6/5/1950 y Carta de Karl Wirtz a Ramón Ortiz, 8/1/1955, Abt, GLA, 69KfK-INR Nr. 52. Ver también Caro (1995), Romero de Pablos (2000, 2012), Romero de Pablos y Sánchez Ron (2001), y Sánchez Ron (2002).

⁴⁰⁷ El informe completo en GLA, Abt. 69 KfK-INR Nr 52.

⁴⁰⁸ Müller (1990), p. 409.

⁴⁰⁹ Carta de Karl Wirtz a José María Otero Navascués, 29/12/1960, GLA, Abt. 69 KfK-INR Nr 52. En 1961 se firmó un convenio de cooperación económica que buscaba incrementar la participación de capital alemán en empresas en España, la financiación a largo plazo como ayuda al desarrollo y el desarrollo de proyectos conjuntos (*BOE*, 29 mayo 1961).

Energía e Industria Aragonesas SA (EIASA), perteneciente al grupo Urquijo, que instaló en Sabiñánigo una fábrica para la producción de este componente. El Consejo de Administración de EIASA estuvo presidido hasta 1967 por José María de Urquijo y Landecho, cuyo hermano Luis fue embajador de España en la RFA entre 1959 y 1964⁴¹⁰. En 1975, esta empresa participó junto a otras en el proyecto que promovió la central nuclear de Trillo.

El democristiano Gerhard Stoltenberg (CDU), que acababa de centralizar la política científica alemana en medio de críticas, visitó las instalaciones de la JEN en Madrid y en Andújar junto a Otero Navascués en 1966. Seguidamente propuso, en una carta dirigida al propio Otero y al ministro de Industria, Gregorio López Bravo, una cooperación con Alemania Occidental en materia de reactores de uranio natural y agua pesada, así como la integración de jóvenes físicos españoles en el CERN. En la carta subrayaba lo siguiente: “con especial interés he oído sobre el plan de llevar a cabo una fábrica de combustible hispano-alemana en España. Seguiré con gran interés el plan y en la medida en que sea posible lo apoyaré”⁴¹¹. Los servicios diplomáticos mostraron ciertas reservas, porque podrían aparecer problemas con los controles de seguridad del combustible nuclear y la instalación de una fábrica de combustible hispano-alemán podría dar pie a ataques a la RFA⁴¹². En enero de 1967 la agencia de noticias Allgemeine Deutsche Nachrichtendienst (ADN) de la República Democrática de Alemania (RDA) difundía una noticia titulada “Se intensifica el eje atómico Madrid-Bonn”. La noticia anunciaba la futura instalación de una fábrica de uranio puro en Ciudad Rodrigo con la ayuda de Alemania Occidental. Tanto el embajador en Madrid como el Ministerio en Bonn desmintieron la noticia, aclarando que existía ese interés en el Gobierno, pero que la institución sería estatal y que se recurriría a la ayuda del conjunto de potencias occidentales⁴¹³.

2.3.2. La entrada en escena de la empresa nuclear alemana en el mercado español, 1967-1975

En 1969 el Gobierno del socialdemócrata Willy Brandt firmó el Tratado de No Proliferación Nuclear (TNP), que fue ratificado, no sin reticencias, en 1974 (España lo firmaría en 1987). España, por su parte, firmó en la segunda mitad de los sesenta un contrato de suministro de uranio enriquecido con la AEC de Estados Unidos (la RFA se negó a firmar un contrato de suministro único para no obstaculizar la expansión de su industria nacional). En aquellos años, las grandes empresas alemanas de la electrotecnia habían adquirido experiencia en la tecnología del agua ligera, tanto por la formación de cuadros en Estados Unidos, como por medio de licencias y la construcción conjunta de centrales nucleares en el país. En las primeras centrales nucleares de la RFA, la de Kahl am Main (en operación en 1962) y Grundremmingen (en operación en 1967), concurren AEG y Siemens, y fue AEG con General Electric las que obtuvieron los contratos. Siemens, por su parte, construyó primero la central MZFR (en operación en 1966) y más tarde Obrigheim (en operación en 1969) en colaboración con

⁴¹⁰ EIASA (1968), pp. 10, 27 y 32.

⁴¹¹ Der Bundesminister für wissenschaftliche Forschung, Betr: Zusammenarbeit und Kernforschung und Kerntechnik, 24/11/1966, Politisches Archiv des Auswärtigen Amtes (PA AA), B35 Band 77.

⁴¹² Auswärtiges Amt An den Bundesminister für wissenschaftliche Forschung. Betr: Zusammenarbeit mit Spanien, 12/12/1966, PA AA, B35 Band 77.

⁴¹³ Auswärtiges Amt. Am das Bundesministerium für wissenschaftliche Forschung. Betr. Zusammenarbeit mit Spanien, 26/1/1967; Deutsche Botschaft an das Auswärtige Amt. Betr. Deutsch-Spanische Zusammenarbeit, 26/1/1967, Bundesminister für Wissenschaftliche Forschung. An das Auswärtige Amt. Betr: Zusammenarbeit mit Spanien, 11/4/1967, (PA AA) PA B35 Band 77.

Westinghouse. Paralelamente, Siemens mantuvo el desarrollo del agua pesada en la central de Niederaichbach en Baviera y en la de Atucha en Argentina⁴¹⁴.

Entre el contrato fallido de AEG y el reactor rápido

En el mercado internacional de reactores, los modelos de agua ligera de Westinghouse y General Electric se convirtieron en claros protagonistas en la segunda mitad de los años sesenta. Los desarrollos tecnológicos de reactores propios, como eran los de uranio natural, se habían ido arrinconando poco a poco, con algunas excepciones de países como Canadá. Según Wirtz y Winnacker (1975), en el dominio del agua ligera confluyeron dos circunstancias: por un lado, los problemas de seguridad y costes de mantenimiento que generaban los reactores de agua pesada⁴¹⁵; por otro, el elevado stock de uranio enriquecido procedente de las grandes instalaciones militares norteamericanas, que excedían la demanda militar⁴¹⁶.

En la España del desarrollismo, fue la JEN la que siguió difundiendo la tecnología nuclear y generó los contactos internacionales, pero fueron las empresas eléctricas las que se introdujeron en la generación de energía nuclear buscando un reactor entre las múltiples opciones tecnológicas⁴¹⁷. En 1967, dos años antes de que se pusiera en marcha la central de Zorita, y con la central de Santa María de Garoña ya autorizada por el Gobierno, la empresa AEG intentó entrar en el mercado español de centrales nucleares. Contaba con experiencia en el desarrollo del reactor de agua ligera en ebullición por la construcción de centrales con esta tecnología en Alemania Occidental. Propuso construir una central para la empresa Hidroeléctrica Española (HE), presidida por José María de Oriol y Urquijo, participada por Banesto y el Banco de Vizcaya, y con la que ya había mantenido algún contacto en Frankfurt. No queda claro en la documentación de qué reactor se trataba. Es posible que fuera el proyecto de la central nuclear en la sierra de Irta (Castellón) de 500 MW. También pudiera tratarse de la ampliación de la central nuclear de Zorita con un nuevo reactor de 500 MW⁴¹⁸.

En el contexto internacional, se expandieron con fuerza los proyectos de reactores rápidos, reactores avanzados que requerían menos combustible y producían más plutonio y uranio enriquecido. Los países industriales con programas nucleares, desde la URSS y Estados Unidos hasta Francia, Reino Unido, Japón, Italia y la RFA, desarrollaron diferentes prototipos e incluso programas de investigación conjunta (hasta 1972, la mayor inversión correspondió a Francia y al Reino Unido). Aspiraban a crear parques de reactores rápidos para reducir los costes del ciclo del combustible, reutilizar el combustible usado en reactores térmicos y dotarse de reservas de uranio y plutonio⁴¹⁹. No obstante, la mayoría de los proyectos no alcanzaron la fase comercial, por sus múltiples problemas de seguridad y altos costes de funcionamiento.

⁴¹⁴ Müller (1990), pp. 252, 383 y 415.

⁴¹⁵ Las válvulas de presión necesarias eran más grandes que en los modelos de agua ligera y trabajaban bajo tensión, teniendo una vida más limitada y absorbiendo más neutrones. Winnacker y Wirtz (1975), pp. 143-146.

⁴¹⁶ Winnacker y Wirtz (1975), pp. 192-193.

⁴¹⁷ De la Torre (2017), pp. 33-66.

⁴¹⁸ *Frankfurter Rundschau*, 23/2/1967; "Industriales americanos interfieren en la venta a España de una central de energía nuclear", *ABC*, 24/2/1967; "Atomkraftwerke in Spanien. Pläne für die Errichtung neuer Atomkraftwerke", 11/4/1973, GLA, Abt 69 KfK INR Nr. 57; Unión Eléctrica SA, *Anteproyecto de la Central Nuclear de Trillo*, Madrid, mayo de 1974, pp. 1-2, Archivo Municipal de Trillo (AMT).

⁴¹⁹ *Prospect of development of fast breeder reactors in the European Community*, march 1973. Report prepared by UNIPEDE, GLA, Abt. 69 KfK Nr. 901. También Barthelt (1987).

La colaboración hispano-alemana en el proyecto de reactor rápido fue uno de los temas abordados en las conversaciones entre el ministro español de Industria, Gregorio López Bravo, y el ministro alemán de Investigación Científica, el democristiano Gerhard Stoltenberg, en mayo de 1967. El informe federal subrayaba que: “[...] se puso de manifiesto la disposición del gobierno español a abrir el mercado español de centrales nucleares para las centrales alemanas, si el gobierno federal estaba dispuesto a trabajar conjuntamente en la instalación de un prototipo de reactor rápido o a apoyar (subvencionar) una central de ensayo en España.⁴²⁰” En junio de 1967 Stoltenberg apuntaba en una carta a López Bravo que estaba de acuerdo con esa colaboración en el reactor rápido, un prototipo de 500/600 MW. La propuesta del Ministerio de Stoltenberg era un acuerdo-marco de cooperación científica y desarrollo tecnológico amplio que incluía ese reactor⁴²¹. Mientras que los representantes de la JEN demandaban facilidades de financiación para el prototipo, poniendo como ejemplo la cooperación hispano-francesa en Vandellós I, el Ministerio federal de Investigación Científica aludía a la presencia de una central nuclear alemana en el mercado español como elemento favorecedor de este desarrollo⁴²².

Entre 1967 y 1968 se sucedieron las reuniones y visitas de delegaciones alemanas y españolas, que fueron intensas y no solamente discurrieron por el ámbito oficial y científico. En medio del cambio de Gobierno en la RFA, y de las múltiples reticencias del nuevo ejecutivo federal hacia el Gobierno de España (y viceversa), el acuerdo-marco no se firmaría, con modificaciones, hasta 1970.

El proyecto de reactor rápido también formó parte de la colaboración entre la JEN y el KFK. En septiembre de 1968 se trasladó a Madrid, bajo la coordinación de Karl Wirtz, una delegación alemana que mantuvo contactos con representantes de la JEN y con mandatarios políticos e industriales. En julio de 1969 era una delegación integrada por miembros del Ministerio español de Industria, la JEN y diversas empresas la que se trasladaba a Alemania Occidental⁴²³. En el grupo se encontraban Antonio Colino, Sánchez del Río y Otero de la JEN; junto a Bernardo López Majano, representante de la Dirección General de Energía y Combustibles del Ministerio de Industria; Manuel Gutiérrez-Cortines, un antiguo conocido de Wirtz, que presidía Ibernuclear y el Foro Atómico Español por esas fechas; y Julio Hernández Rubio, presidente del Consejo de Administración de UESA desde 1969, empresa a la que había llegado después de una larga trayectoria en Eptisa, veterana de servicios de ingeniería del grupo Urquijo.

Tras ensalzar la labor de la JEN en materia de reactores rápidos, Gutiérrez-Cortines y Hernández Rubio confirmaron a Wirtz su interés por este tema, así como su intención de escuchar ofertas de distintos colaboradores, entre los que podía estar Alemania Occidental. Gutiérrez-Cortines señaló además que estaba buscando un socio exterior, norteamericano o alemán, para la fábrica de combustible de la empresa Ibernuclear,

⁴²⁰ Abteilung I. Aufzeichnung. Betr: Zusammenarbeit mit Spanien, 25/7/1967, y Carta de Dr. Gerhard Stoltenberg a Gregorio López-Bravo, 4/8/1967, PA AA, B35 Band 77.

⁴²¹ Abteilung I. Aufzeichnung. Betr: Zusammenarbeit mit Spanien, 25/7/1967, intercambio de cartas entre Gerhard Stoltenberg y Gregorio López Bravo, 4/8/1967, 13/9/1967 y 15/9/1967, y Memorándum 8/9/1967, PA AA, B35 Band 77. Stoltenberg no utilizó el canal diplomático en la carta del 4 de agosto, lo que llevó a una queja del embajador Meyer Lindenberg el 27 de octubre de 1967. Auswärtiges Amt. An das Bundesministerium für wissenschaftliche Forschung. Betr. Deutsch-Spanische Zusammenarbeit, 27/10/1967, PA AA, B35 Band 77.

⁴²² Schriftberich-Fernschreiben aus Madrid, 31/10/1967, PA AA B35 Band 77. “Ergebnisprotokoll ... über die deutsch-spanische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der schnellen Brütterreaktoren am 26 und 27 Oktober 1967 in Madrid”, PA AA, B35 Band 77.

⁴²³ “Unterzeichnung des Rahmenabkommens zwischen Deutschland und Spanien über Zusammenarbeit in der wissenschaftliche Forschung und Technologische Entwicklung”. 16/4/1970, PA AA, B35 Band 382.

que podría estar en marcha a comienzos de la década de los setenta. Ibernuclear, co-participada por el INI (30%) y la empresa privada (70%), se había creado con el objetivo de producir combustibles para los reactores españoles⁴²⁴, pero enseguida fue evidente que iba a necesitar ayuda técnica extranjera. La vía alemana barajada por Gutiérrez-Cortines no llegó sin embargo a concretarse.

Finalmente, Wirtz mantuvo una conversación con López Majano para constatar cuál era el papel del Ministerio de Industria en el programa nuclear español. A raíz de esta conversación, le quedó claro que era el Ministerio el que tomaba las decisiones en cuestiones nucleares, y que por tanto si la industria de la RFA quería participar en el desarrollo nuclear de España había que cuidar especialmente a este Ministerio⁴²⁵. El encuentro se producía el mismo año en el que Siemens y AEG formaban la empresa KWU, uniendo sus departamentos de construcción de reactores nucleares con una doble orientación, hacia el mercado de la RFA y hacia la exportación⁴²⁶.

La captura final del “gran mercado nuclear español”.

Los años sesenta y comienzos de los setenta fueron, en España y en otros muchos países, el momento en el que los representantes del sector público y del sector privado se sintieron más atraídos por la economía de los neutrones. Los programas nucleares formaron parte de los planes de desarrollo y aceleraron las conexiones internacionales de todos los países implicados. La seguridad nuclear no figuraba entonces entre las principales preocupaciones, como tampoco los residuos radiactivos y sus efectos a largo plazo, lo que se traducía en proyectos con costes relativamente competitivos⁴²⁷. Además, no solo se trataba de producir energía eléctrica, también de satisfacer la demanda creciente de isótopos radioactivos farmacéuticos⁴²⁸. El resultado era una gran expansión y diversificación de las ramificaciones industriales y científico-técnicas del sector nuclear⁴²⁹.

En el programa presentado por la JEN en Lugano en 1969, en el marco de una conferencia de la European Atomic Energy Society, ya aparecía la central de Trillo, aunque no con el nombre de este pueblo de pocos habitantes. ¿Cuándo comenzó a andar el proyecto de Trillo? En febrero de 1967 Unión Eléctrica Madrileña (UEM) solicitó la ampliación de la central de Zorita (Guadalajara) con un nuevo reactor de 500-600 MW. En 1970 volvió a pedirse una ampliación de potencia. Y en mayo de 1972 UEM, ya en solitario, presentó el anteproyecto en la Delegación del Ministerio de Industria en Guadalajara. En él solicitaba autorización para instalar dos reactores con una potencia unitaria de unos 1.000 MW cada uno. Se preveía que la primera unidad entrase en

⁴²⁴ También el INI estaba proyectando, a través de ENHER y ENDESA, la construcción de centrales nucleares (Ascó, Vandellós, Ametlla, Escatrón, Chalamera).

⁴²⁵ Karl Wirtz, “Besuch der spanischen Delegation am 8. Juli 1969”, GLA, Abt. 69 KfK Nr. 455

⁴²⁶ Hilger (2004), p. 61. “Bernhard Plettner comenzó en 1966, cuando aún era CEO de SSW (Siemens-Schuckerwerke AG), a impulsar la fusión de las actividades de las dos empresas en el negocio de la energía. Creía que tal fusión era la forma correcta de hacer frente de manera efectiva a la competencia internacional y al mercado cambiante”. Feldenkirchen y Posner (2006), p. 169.

⁴²⁷ Las cuestiones sobre seguridad nuclear apenas ocuparon seis líneas del informe de siete páginas que la JEN presentó en Lugano en 1969 sobre programa nuclear español. JEN, *Nuclear programme activities prepared for European Atomic Energy Society Meeting*, Lugano April 26-30 1969, GLA, Abt. 69 KfK INR Nr. 57. La seguridad (y costes) se incrementarían a raíz de los grandes accidentes nucleares, como se analiza en los primeros capítulos de este volumen.

⁴²⁸ “Atomenergie in Spanien”, 18/9/1968, GLA, Abt. 69 KfK INR Nr.104. También Romero y Sánchez Ron, pp. 149-155.

⁴²⁹ Sobre esta cuestión en la RFA entre 1957 y 1968, véanse Wehner (2017), pp. 210 y ss., y Augustine (2018), pp. 53 y ss.

funcionamiento en 1982 y la segunda en 1986. En 1974 se presentó un nuevo anteproyecto de acuerdo con las conclusiones del Plan Eléctrico Nacional.

El incremento de potencia era posible por los avances tecnológicos. Las centrales de 1.000 MW solían dotarse de instalaciones anejas de bombeo que utilizaban el excedente de energía en periodos punta, consiguiendo así un mayor rendimiento. Los beneficios de escala y la duplicación de los grupos, junto a la proximidad a los centros de consumo, completaban esta eficiencia. En 1974 y 1975 los accionistas de UEM eran conscientes de la notable reducción del consumo que llevaba aparejada la primera crisis del petróleo, pero no modificaron el proyecto inicial⁴³⁰.

La ubicación en Trillo estaba asociada al funcionamiento del trasvase del río Tajo al río Segura para llevar agua a Levante. Con el trasvase, se reducía la dotación hídrica y la necesaria capacidad de refrigeración del río Tajo en la zona de la antigua central de Zorita. UEM, que ya disponía de aprovechamientos hidráulicos en Entrepeñas, Buendía y Bolarque, participaba con un 40% en este trasvase⁴³¹. El proyecto de Bolarque, previsto en el II Plan de Desarrollo como una central de bombeo, fue financiado mediante un crédito de 160 millones de marcos y 40 millones más de ayuda directa por parte de la entidad pública alemana Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), la misma entidad que concedió los créditos a la exportación para la construcción de Trillo en 1975, entre otras muchas operaciones⁴³². Dos empresas más entraron en el proyecto: EIASA y Eléctricas Reunidas de Zaragoza (ERZ), con un 20% cada una. El 60% restante estaba en manos de UEM a 9 de junio de 1975⁴³³.

A comienzos de 1971, cuando Trillo todavía era la expansión de Zorita, la KWU manifestó su interés por el proyecto. Ya había participado en las ofertas publicadas para las plantas de Almaraz, Lemóniz y Ascó, pero no había obtenido ningún contrato, pese a que Siemens tenía presencia industrial y buenas relaciones en la región. Las plantas fueron a parar al gigante norteamericano Westinghouse, cuya experiencia en el desarrollo de reactores le permitía ofrecer precios comparativamente más bajos, tanto por el KWe instalado como por el KWh producido (15.746 pts/kWe KWU vs 13.946 pts/KWe Westinghouse)⁴³⁴. General Electric, por su parte, ganó la licitación de Cofrentes⁴³⁵.

A la capacidad industrial y comercial de Westinghouse y General Electric se sumaban otros dos factores, que hicieron que el fiel de la balanza se alejase de las empresas alemanas (y de otros países europeos). De un lado,

⁴³⁰ Consejo de Administración de Unión Eléctrica, 27/6/1969; Memorando 70 del Consejo de Unión Eléctrica, 27/10/1970, y discurso del presidente a los accionistas, 26/5/1975, Archivo de la Sociedad Estatal de Participaciones Industriales (ASEPI), cajas 4719 y 5550.

⁴³¹ Unión Eléctrica SA, Anteproyecto de la Central Nuclear de Trillo, doc. cit., pp. 2-3. En 1968 el trasvase se definía como “la huerta de Europa” y estaba destinado a la agricultura de exportación y a futuras inversiones inmobiliarias y turísticas (ABC del 28/1/1968). Sobre Unión Eléctrica, ver la documentación conservada en ASEPI: Consejo de Administración, 27/6/1969 (caja 4719), Memorando 70 del Consejo de Unión Eléctrica, 27/10/1970 (caja 4719), Memorando 141 de la Comisión de Unión Eléctrica, 31/3/1973 (caja 5193), y discurso del presidente a los accionistas, 26/5/1975 (caja 5550).

⁴³² “Besuch Bundesminister in Madrid”, 27/4/1970, PA AA, B35 Band 382.

⁴³³ Detalle de la pre-autorización en BOE, 15/9/1975, no. 221.

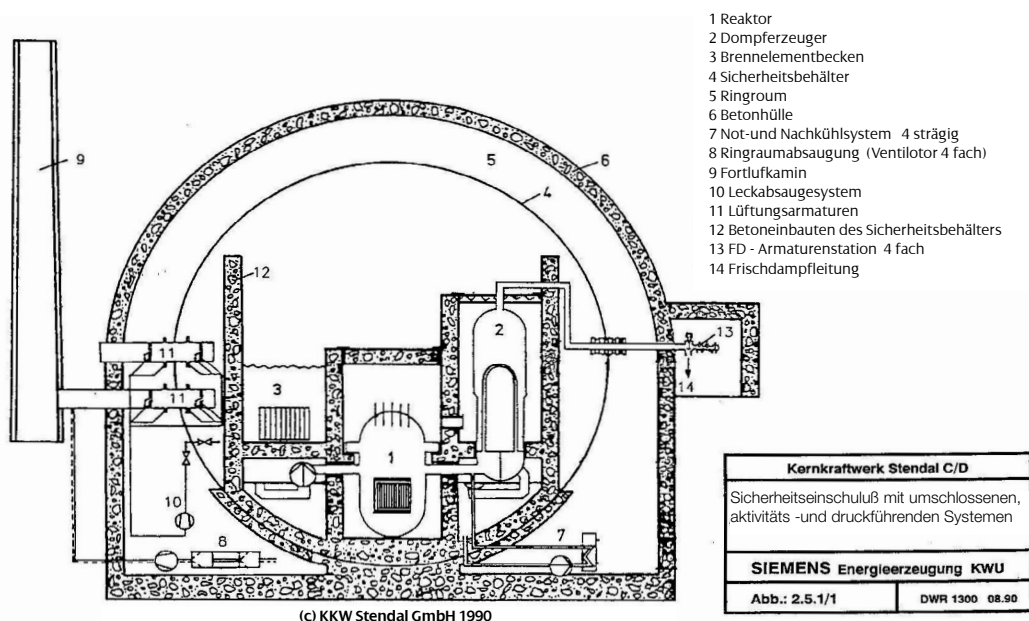
⁴³⁴ Acosta (2023), tablas 2 y 3. Agradecemos estas informaciones a Faustino Acosta.

⁴³⁵ Para los reactores PWR presentaron ofertas Westinghouse, Combustion Engineering y KWU (Siemens). Para los BWR General Electric, la compañía sueca ASEA, British Nuclear Design y Construction Ltd (BNDC) y KWU (AEG). Deutsche Botschaft. Industrielle Anwendung der Atomenergie in Spanien, 25/1/1971, PA AA, B35 Band 509. Siemens Aktiengesellschaft. An das Auswärtige Amt. Betr: Spanien/ Kernkraftwerkprojekt in Almaraz und Lemoniz, 9/9/1971, PA AA, B 35 Band 509.

había un apoyo público a las empresas norteamericanas a través del Eximbank, y los mercados de capitales de los países europeos tenían dificultades para igualar o mejorar esas condiciones en proyectos tan costosos y sin desatender otros sectores. De otro, el sistema de garantías previstas en un préstamo oficial en Alemania Occidental era entonces más oneroso para la empresa proveedora y compradora de lo que lo era el americano. Además, el Ministerio español de Industria se negó a conceder a Alemania las garantías solicitadas para igualar las ofertas de Westinghouse y General Electric⁴³⁶.

Pese al interés de la JEN, tampoco llegaron a buen puerto las ofertas de colaboración y ayuda técnica de la KWU que recibió el presidente de ENUSA en su viaje a la RFA en 1972. Se trataba de cooperar en los proyectos de construcción de una fábrica de combustible y una planta de reprocesado. Tampoco fue aceptada la colaboración con ENSA⁴³⁷.

Entre 1973 y 1975 el contrato de Trillo pasó a una nueva fase. El contexto internacional había experimentado cambios importantes. El fin del sistema monetario de Bretton Woods había provocado, desde 1971, diversos vaivenes monetarios que afectaron a empresas y gobiernos, especialmente a aquellos más dependientes del crédito exterior. La crisis del petróleo abrió en un primer momento una nueva baza para la expansión nuclear, aunque enseguida fue evidente que tendría un efecto demoledor sobre la demanda eléctrica. Por otra parte, Estados Unidos perdió el monopolio del uranio en favor de una *Ostpolitik* presente tanto en Alemania Occidental como en España.



Representación del sistema primario en una central Siemens-KWU de 1.300 MW (1990). www.ycddt.de

⁴³⁶ Deutsche Botschaft. Industrielle Anwendung in Spanien. Hier: Kernkraftwerke Lemóniz und Almaraz, 1/12/1971, PA AA, B 35 Band 509. De la Torre y Rubio Varas (2015), p. 148. Winnacker y Wirtz (1975), pp. 130–131.

⁴³⁷ Carta de José María Otero Navascués a Heinz E. Schimmelbusch, Madrid ,19/6/1972 y Deutsche Botschaft. Betr: Deutsch-Spanische Zusammenarbeit, 7/7/1972, PA AA, B 35 Band 509.

En aquellos años, la propia Unión Eléctrica comparaba ofertas de recarga de combustible nuclear y de revisión de la central de Zorita entre Westinghouse y "los alemanes". Se decantó por la primera opción, pese al precio más bajo de los alemanes, por la existencia de liquidaciones y pagos pendientes anteriores con Westinghouse y por el empeoramiento de las condiciones del Eximbank. En 1974 Unión Eléctrica canceló los onerosos contratos de suministro de combustible para Zorita suscritos con Weico (Westinghouse Electric International Company) y Wapcos (Westinghouse Atomic Power Company of Spain) y firmó uno nuevo con Westinghouse⁴³⁸.

La diplomacia alemana, la cooperación científico-técnica y las empresas venían trabajando de forma coordinada y con información cruzada. En las conversaciones diplomáticas bilaterales entre España y la RFA aparecían muchos temas compartidos, como la instalación del sistema de televisión PAL frente al SECAM, la colaboración de CASA con Eurokopter, la petición española de ayuda financiera para el proyecto Júcar-Turía y el interés por la central nuclear de Trillo, entre otros muchos. La cooperación científico-técnica especializada en el ámbito nuclear dio un paso adelante con la firma del tratado entre la JEN y la Sociedad de Investigación Nuclear, de la que dependía el KfK, en 1973. Allí estaban Karl Wirtz, el ministro de Asuntos Exteriores Laureano López Rodó, el embajador alemán en Madrid y representantes de la empresa Interatom, propiedad de la KWU en esas fechas⁴³⁹.

Las empresas matrices de la KWU contaban con experiencia en la construcción de centrales térmicas en España. A la primera central de Siemens en Badalona (1955), seguirían las de Escucha en Teruel (1969) y Cercs y San Adrián en Barcelona (1971 y 1973). Desde finales de los años sesenta, se registró un notable incremento de la participación española en los procesos de construcción de estas centrales, sobre todo de ingenieros y empresas fabricantes de componentes. Paralelamente, varios grupos de ingenieros españoles trabajaron para los proyectos de la KWU en Alemania Occidental y diversos países de América Latina⁴⁴⁰.

Desde comienzos de los años ochenta, técnicos españoles de la central de Trillo recibieron formación especializada en operación y mantenimiento de centrales nucleares en el centro de Siemens en Karlstein, que disponía de un simulador de reactor KWU-PWR. Muchos de ellos completaron esta formación con estancias en plantas en funcionamiento (Grohnde, Philippsburg, Biblis, Graffenrheinfeld, etc.). Se trataba, en su mayoría, de jóvenes con conocimientos teóricos, pero con escasa o nula formación práctica. Llegaron a 50, y sus estancias oscilaron, según el grupo y la formación, entre los seis meses y el año de duración. Todos ellos adquirieron el nivel suficiente en alemán para poder seguir los cursos y comunicarse con sus homólogos alemanes. Los jefes, subjeses y técnicos especializados de Trillo requerían esta formación, responsable en gran medida del buen funcionamiento de la planta desde sus orígenes y hasta la actualidad⁴⁴¹. En general, el *know-how* adquirido en Alemania incluyó, además de cuestiones técnicas, normas de seguridad, procedimientos de evaluación e inspección técnica y normas de actuación frente a posibles accidentes y paradas involuntarias del reactor, cuestiones que ya formaban parte obligada de todos los proyectos de instalaciones nucleares⁴⁴².

⁴³⁸ Consejo de Administración de Unión Eléctrica, 9/11/1973, ASEPI, caja 504; Consejo de Administración de Unión Eléctrica, 15/2/1974, ASEPI, caja 5378; Minuta de la comisión delegada en el Consejo de Administración de Unión Eléctrica, 1/3/1974, ASEPI, caja 5378; Consejo de Administración de Unión Eléctrica, 4/10/1974, ASEPI, caja 5378.

⁴³⁹ An die Botschaft der Bundesrepublik Deutschland in Madrid. "Deutsch-Spanische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Kernenergie" (Pressemitteilung), 18/7/1973; "Unterzeichnung der Einzelvereinbarung GfK-JEN und Übergabe des Mehrzweck-Natriumsverwechkreislaufs am 27. Juli 1973 in Madrid", 7/9/1973. Leiter des Internationalen Büros der GfK. Dr. Hans Jürgen Laue, PA AA, GfK. PA 114270.

⁴⁴⁰ KWU-Report (1981).

⁴⁴¹ Damos las gracias a Leopoldo Antolín y Faustino Acosta por esta información.

⁴⁴² Radkau (1983), pp. 344 y ss.

Tal y como se señalaba, Trillo se concedió a la KWU a finales de 1975, coincidiendo con la celebración de un encuentro hispano-alemán sobre seguridad nuclear y protección frente a la radiación en otoño de ese mismo año. Los alemanes asistentes al encuentro observaron que la JEN tenía amplísimos conocimientos teóricos en la materia, pero una escasa actividad práctica. Las instalaciones nucleares españolas disponían de sistemas particulares de contabilidad de las dosis de radiación recibidas por los trabajadores expuestos, pero no existía un banco dosimétrico nacional que centralizase todos los datos⁴⁴³.

La JEN se interesó especialmente por el peritaje de seguridad y la evaluación que acompañaban a las autorizaciones en Alemania Occidental. El propio Agustín Alonso, del Departamento de Seguridad Nuclear, señalaba que la Junta tendría su papel en la futura autorización de Trillo —desde agosto la central estaba solamente pre-autorizada—, y a la vez subrayaba la atención creciente de las empresas eléctricas hacia este tema. Se planeaban, por tanto, visitas al Instituto alemán para la Seguridad de los Reactores para conocer su sistema de inspección técnica de instalaciones industriales. La JEN acababa de firmar un contrato de intercambio de experiencias en centrales con la Nuclear Regulatory Commission (NRC) norteamericana y estaba interesada en obtener información similar (aunque alternativa a la norteamericana, por lo general más onerosa) de cara al proyecto de Trillo. Finalmente, se solicitó el apoyo técnico a la JEN en el proceso que llevaba a la autorización de Trillo. En Alemania extrañó que el coste de todo el proceso de evaluación que precedía a la autorización oficial no recayese en la empresa solicitante, como ocurría en Alemania, sino en el Ministerio de Industria⁴⁴⁴.

En las reuniones celebradas justo después de la concesión de Trillo, no se evocaron las diferencias entre el sistema norteamericano conocido por las empresas eléctricas españolas y el sistema de la KWU, que en línea con las demandas del Ministerio español de Industria llevaba aparejada una mayor participación de la industria y las consultoras de ingeniería locales en la construcción de la central. Tal y como reconocerían años más tarde representantes de las consultoras, para la ingeniería española la concesión de Trillo significó “la responsabilidad completa en los servicios de ingeniería y arquitectura para esta planta, sin la participación de ingeniería extranjera...”. El objetivo era desarrollar y dispensar los servicios que tradicionalmente habían estado en manos de consultoras extranjeras⁴⁴⁵. La KWU había obtenido con Trillo “el reactor, la turbina-generador, el combustible y una parte de la ingeniería, mientras que el desarrollo completo del proyecto estaría en manos de una empresa de arquitectura e ingeniería española⁴⁴⁶.” Era la única central procedente de Alemania Occidental y también la más española de todas.

Las empresas españolas de ingeniería habían experimentado un doble proceso de internalización e internacionalización del conocimiento⁴⁴⁷, asociado en gran medida a la construcción de las centrales nucleares anteriores a Trillo y en estrecha relación con las empresas de ingeniería norteamericanas (con Gibbs & Hill Inc. y Bechtel a la cabeza). La empresa que se encargaría de la ingeniería de Trillo sería Empresarios Agrupados, una *joint venture*

⁴⁴³ El Banco Dosimétrico Nacional (BDN) se creó en 1985. Poco después, el CSN obligaría a todos los trabajadores expuestos (plantilla y contratados) a disponer de un carné radiológico. Amor (2010). Agradecemos esta información a Alfonso de la Torre.

⁴⁴⁴ Internationales Büro. D. Nentwich. Betr: 1. Deutsch-spanisches Seminar über “Strahlenschutz und Nukleare Sicherheit” in Madrid, 9-10/10/1975, GLA, 69 Kfk INR Nr. 53.

⁴⁴⁵ Cerrolaza, Albisu y Zabalza (1977), p. 53. Cerrolaza representaba a INITEC-Energía, Albisu a SENER y Zabalza a Empresarios Agrupados.

⁴⁴⁶ Müller (1996), p. 414.

⁴⁴⁷ Álvaro Moya (2014), pp. 681-707.

formada por Eptisa GHESA y TRSA⁴⁴⁸. La primera era propiedad del Banco Urquijo, y Julio Hernández Rubio, ahora presidente del Consejo de Administración de UESA, había sido durante años su director. También pudo haber influido el trabajo de Peter von Siemens, bien relacionado con la UEM desde los años sesenta a través de Luis de Urquijo y Landecho (Marqués de Bolarque) y el presidente de Siemens España José María Aguirre Gonzalo, que extendía sus relaciones por varias empresas.

Antes de que el Gobierno concediese la autorización previa, UESA venía adquiriendo terrenos rústicos en el municipio de Trillo y había recibido ofertas para el reactor⁴⁴⁹. La KWU se encontraba en 1973 en el cuarto puesto del ranking de empresas constructoras, por detrás de General Electric, Western Electric y Brown, Boveri & Cie (BBC)⁴⁵⁰. Estaba construyendo las centrales en Alemania, y tenía grandes proyectos nucleares futuros en Brasil e Irán, pero consideraba importante contar con el amplio mercado español. Además, la empresa nuclear alemana ya disponía de varias compañías —Interatom, Alkem, RBU y NRG— vinculadas al ciclo integral de las centrales, con participaciones parciales o totales y con un control de Siemens cada vez mayor⁴⁵¹. Acababa de finalizar la central de Borssele (en operación en 1973) en Holanda y de recibir el encargo de la de Gösgen en Suiza. En España, la empresa buscaba, con el apoyo financiero del KfW, proponer una oferta atractiva que pudiese sostener la dura competencia del tándem Westinghouse-Eximbank.

De repente, ocurrió algo inesperado. El 2 de julio de 1974 la AEC de Estados Unidos, que pronto se dividiría en varias agencias gubernamentales (incluida la NRC), anunció la decisión de suspender temporalmente el enriquecimiento de uranio contratado. Esta decisión se hizo para permitir a la AEC revisar demandas pendientes de clientes en el exterior y en el interior, y compararlas con su capacidad para suministrar los contratos⁴⁵². En abril de 1975 el norteamericano *Weekly Energy Report* publicaba un artículo titulado “NRC Ruling on exports angers Europe”, que recogía un memorándum de la Comunidad Económica Europea (CEE) protestando por la decisión de suspender licencias americanas de exportación de reactores o de material nuclear por parte de la NRC. El motivo alegado fue la revisión de las regulaciones y procedimientos que regían estas actividades en Estados Unidos. El artículo reconocía que la CEE era dependiente al 100% del uranio enriquecido —60% de EEUU y 40% de la URSS— y la CEE se quejaba de los retrasos y problemas que causaría esta decisión a las empresas nucleares europeas⁴⁵³. Este compás de espera americano resultó crucial para el desenlace de Trillo. Tal y como informaba el director de la JEN, Francisco Pascual Martínez, a Wirtz a finales de abril en París, el Gobierno español estaba en conversaciones con la Oficina Federal de Exteriores para buscar una financiación para Trillo. Pascual era director general adjunto de ENSA en 1973 y sabía lo difícil que era obtener encargos nucleares. Si se incrementaba la parte producida en España, ENSA tendría su papel⁴⁵⁴. El proceso de decisión fue largo. En

⁴⁴⁸ Sobre las ingenierías en la época de Trillo, y en especial Empresarios Agrupados, remitimos a los capítulos 1 y 4 de Acosta (2022).

⁴⁴⁹ Informe de actividad de Unión Eléctrica SA, 1974, ASEPI, caja 5550.

⁴⁵⁰ Hilger (2004), p. 73.

⁴⁵¹ Hilger (2004), p. 69. Thomas (1988), pp. 128-164. Romberg (2020), pp. 65 y ss. y pp. 121 y ss.

⁴⁵² La Nuclear Regulatory Commission se creó en 1974 y comenzó a operar el 19 de enero de 1975 (<https://www.nrc.gov/about-nrc/history.html>). U.S. State Department telegram to the IAEA, July 15, 1974, NARA Document Number: 1974STATE152033_b. Agradezco a Mar Rubio-Varas esta información.

⁴⁵³ “NRC Ruling on Exports angers Europe”, *Weekly Energy Report*, 14/4/1975.

⁴⁵⁴ K. Wirtz, Gespräch mit Pascual, Junta de Energía Nuclear am 23/4/1975 in Paris, GLA, 69 KfK INR N° 53.



Visita de los presidentes de Iberduero y Unión Eléctrica-Fenosa al centro de información de Trillo. Fuente: Revista SNE, enero 1986.

principio, la oferta financiera de la KWU era más cara que la de Westinghouse, pero contaba, según el Consejo de Administración de UESA, con viabilidad inmediata y plazos cerrados⁴⁵⁵.

No se esperó a Westinghouse. En su sesión de 18 de noviembre de 1975, el KfW concedió tres créditos a la exportación para la central de Trillo por valor de 500 millones de marcos: 300 millones a UESA, 100 a EIASA y otros 100 a ERZ⁴⁵⁶. También la KWU concedió créditos para la operación: el 28 de noviembre se firmaba un crédito con el Westdeutsche Landesbank Girozentrale de 200 millones de marcos y el 16 de diciembre otro con la KWU por 310 millones de marcos⁴⁵⁷. En total, 1.010 millones de marcos en créditos desde Alemania Occidental⁴⁵⁸.

¿Qué razones explican la concesión de Trillo? Francisco Pascual, director de la JEN desde 1974, subraya la necesaria diversificación y la reducción de la dependencia respecto a la industria nuclear de Estados Unidos, criterio que compartía con el Gobierno y algunas empresas eléctricas. Pero también influyeron otros factores, entre los que podemos destacar la larga trayectoria de cooperación industrial, empresarial y científico-técnica entre expertos alemanes y españoles; el interés que despertaba la tecnología, la industria y el *know how* de evaluación, seguridad e inspección técnica de Alemania Occidental; la garantía de una amplia participación

⁴⁵⁵ Acta del Consejo de Administración de UESA, 25/6/1975, ASEPI, caja 5550.

⁴⁵⁶ Acta del Consejo de Administración de UESA, 28/11/1975, ASEPI, caja 5550. Exportkredit Unión Eléctrica SA (Madrid); Exportkredit Eléctricas Reunidas de Zaragoza SA (Zaragoza); Exportkredit Energía e Industrias Aragonesas SA (Madrid), Kreditbewilligungsausschussitzung am 18/11/1975, KfW Historisches Konzernarchiv, 3042/1 Nr. IV/22^a y Nr.IV/ 22b.

⁴⁵⁷ Nota de la reunión del Consejo de Administración de UESA, 19/12/1975, ASEPI, caja 5551.

⁴⁵⁸ Tasa de cambio entre el US \$ y el DM (deutsche mark) en 1975: 1\$=2.4550DM. Lawrence H. Officer, "Exchange Rates between the United States Dollar and Forty-One Currencies", *MeasuringWorth*, 2017.



Sala de turbinas y sala de control de la central nuclear de Trillo. Fuente: Foro Nuclear.

de la industria y las ingenierías españolas; la labor diplomática constante de numerosos actores; el renovado interés por la energía nuclear a raíz de la crisis de 1973; y el detonante final de la NRC en 1975.

La constelación que configuró el puzle del contrato de Trillo para la KWU no volvió a darse. La empresa alemana no consiguió, aunque lo intentó, ningún contrato más en la carrera nuclear española. Trillo recibió la autorización de construcción el 17 de agosto de 1979, el permiso de explotación provisional el 4 de diciembre de 1987 y entró en operación comercial el 6 de agosto de 1988, siendo la última central nuclear en conectarse a la red eléctrica en España. Dos años antes de entrar en operación, Trillo se afilió a la VGB (siglas de Verein von GrosskraftwerksBetreiber), asociación de operadores de centrales alemanas (nucleares y convencionales), que funciona como un foro de información técnica e intercambio de experiencias. Trillo se integró en los principales grupos de trabajo de su área nuclear (química, protección radiológica, instrumentación, reactores de agua a presión), así como en el Comité de coordinación general de intercambio de experiencias (ABE-Ausschuss), compuesto básicamente por los jefes de las centrales alemanas y algunas centrales europeas. Los técnicos españoles, que hablaban alemán y asistieron con regularidad a las reuniones de la VGB, pudieron conocer directamente las experiencias y normativas nucleares de Alemania, que no disponía de documentación escrita ni en tanta cantidad ni tan prolija en detalles como la proveniente de la NRC y de otras instituciones estadounidenses. En palabras de Leopoldo Antolín, conocedor de primera mano del sector nuclear alemán, “la afiliación a VGB fue vital para aprovechar la experiencia de las centrales nucleares alemanas y establecer colaboraciones bilaterales según las necesidades que se presentasen”⁴⁵⁹. Trillo contribuyó sin duda a potenciar las relaciones entre España y Alemania, pero sus efectos llegaron más allá del sector nuclear y de la relación bilateral, como demuestran el éxito español en la combinación y adaptación de la normativa alemana, estadounidense y española, y el impulso que esta operación significó para la estrategia exportadora de la industria alemana.

⁴⁵⁹ Declaraciones de Leopoldo Antolín, en un correo electrónico enviado a la autora y los coordinadores del libro el 29 de abril de 2023.



Poblado construido para alojar al personal de la CN Trillo. Vista área del conjunto, casa unifamiliar para los mandos y pisos para los trabajadores.

Fuente: Archivo personal de Javier Herce, presidente de la delegación de Guadalajara del Colegio Oficial de Arquitectos de Castilla la Mancha.

Epílogo. ¿Adaptarse o evolucionar?: cambios y continuidades en las relaciones nucleares hispano-alemanas (1985-2022)

El contexto (nacional e internacional) cambió, se adaptó y evolucionó desde que la KWU ganase el contrato de Trillo. La nueva política energética del Gobierno socialista recalculó a la baja, aunque no eliminó, el programa nuclear español. El segundo reactor de Trillo (Trillo II), autorizado en 1980, fue uno de los reactores paralizados por la moratoria⁴⁶⁰. Otra central, la de Regodola/Xove (Lugo), un proyecto de la KWU que obtuvo la autorización previa en 1976 y que fue planeado en estrecha relación con el suministro eléctrico para una planta de aluminio, no llegó a obtener la autorización definitiva⁴⁶¹. En general, muchos de los ambiciosos proyectos de centrales nucleares de la KWU no se realizaron, ni en Alemania ni fuera de sus fronteras⁴⁶², como tampoco los planes relacionados con el reactor rápido o el reprocesado del combustible gastado. Con un movimiento antinuclear cada vez más intenso, la financiación pública se redireccionó hacia nuevos proyectos científico-técnicos⁴⁶³.

Las relaciones institucionales entre Alemania y España cambiaron. En 1978, coincidiendo con los inicios de la transición democrática en España, se firmó un acuerdo de cooperación para la utilización de la energía nuclear con fines pacíficos. Le seguiría en 1982 un acuerdo trilateral de salvaguardias entre España, la RFA y el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA)⁴⁶⁴. Las relaciones nucleares, que tuvieron en el contrato de Trillo un hito significativo, continuaron durante las décadas posteriores, ya en el marco del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), que heredaron las conexiones e interlocutores internacionales de la JEN.

Paralelamente, representantes de los dos países coincidieron en instituciones multilaterales. Así, en 1984 el CSN participó en el seminario organizado en Karlsruhe por el OIEA. Ese mismo año, el presidente del CSN y el director de la GRS inauguraron en Madrid un seminario hispano-alemán, y a lo largo de 1986 técnicos del CSN y del GRS se reunieron con frecuencia para gestionar la construcción de Trillo, prestando especial atención a la adopción y adaptación de la normativa alemana⁴⁶⁵. Todavía en 2012 la central de Trillo aparecía en la Memoria anual del CSN como telón de fondo de las relaciones nucleares hispano-alemanas. En un entorno cada vez más globalizado y multilateral, las relaciones bilaterales iban quedando, no obstante, progresivamente diluidas.

El proyecto de Trillo estimuló los intercambios, el debate y el aprendizaje mutuo de los ingenieros alemanes y españoles. Creció así la posibilidad de movilidad del capital humano técnico y la extensión de una tecnología distinta, así como el despliegue de los procesos de estandarización, instrumentación, fabricación de componentes, seguridad de las instalaciones y regulación. Desde finales del siglo pasado, el personal de nuevo ingreso en Trillo se ha venido formando enteramente en España, combinando los cursos de tecnología nuclear del CIEMAT, las

⁴⁶⁰ Consejo de Seguridad Nuclear (1981), pp. 78-79, y Consejo de Seguridad Nuclear (1994), pp. 214-235.

⁴⁶¹ Rubio-Varas y De la Torre (2017), p. 252.

⁴⁶² Romberg (2020), pp. 349 y ss.

⁴⁶³ Uekötter (2022), pp. 218 y ss.

⁴⁶⁴ Sanz Díaz (2019), pp. 215-216.

⁴⁶⁵ Consejo de Seguridad Nuclear (1984), pp. 69-70. La normativa alemana se combinó con la normativa estadounidense y la española (que a su vez provenía de adaptar los criterios de la NRC norteamericana), además de criterios específicos para el caso de Trillo. Estos criterios fueron objeto de diversas modificaciones en función de la experiencia adquirida, sobre todo en las centrales alemanas más similares (que no “gemelas” como Vandellós I y SLDE I) a Trillo (Brokdorf, Grafenrheinfeld, Grohnde y Philippsburg 2). Véase Reguart (1986) y Lasa (1989).

estancias en centrales españolas en funcionamiento (Almaraz y Ascó, básicamente) y la formación en el centro de entrenamiento de Tecnatom, que dispone de un simulador, réplica de Trillo, en su sede de San Sebastián de los Reyes (Madrid)⁴⁶⁶.

Los ingenieros alemanes y españoles aportaron el aprendizaje adquirido a otros muchos proyectos, fueran o no nucleares. En 1981 la Sociedad de Ingenieros Alemanes (Verein Deutscher Ingenieure-VDI) instaló un círculo de amistad en Madrid con ingenieros españoles⁴⁶⁷. Lo hacía en medio de un mercado tecnológico cada vez más globalizado y con una competitividad creciente. La comunicación y relaciones fueron continuadas, generándose numerosas iniciativas locales, regionales o nacionales que están aún por analizar.

Por lo general, las centrales nucleares contribuyen a dinamizar el entorno socio-económico del lugar en que se ubican, no solo por la creación de empleo, también por la puesta en marcha de actividades culturales para el

Tabla 3. Publicaciones derivadas de los ciclos de conferencias impartidos en el marco de los Encuentros Culturales de la central nuclear de Trillo, Guadalajara, 1989-2001.

1989 “La Sociedad Española Actual” PANORÁMICA CULTURAL DE LA ALCARRIA. Antonio Herrera Casado, cronista provincial

- LA SOCIEDAD ESPAÑOLA. CLAVES PARA SU ENTENDIMIENTO. Juan Pablo Fusi.
- LA ECONOMÍA ESPAÑOLA. SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS. Fabián Estapé.
- LA FUNCIÓN SOCIAL DE LA UNIVERSIDAD. Mariano Artés.
- TENDENCIAS ACTUALES DE LA CULTURA EN ESPAÑA. Juan Benet.
- ESPAÑA EN EUROPA. REPERCUSIONES CULTURALES. Guido Brunner.
- VALOR SOCIAL DE LA COMUNICACIÓN. Emilio Romero.

1990 “La Década de Fin de Siglo” PUEBLOS DE LA ALCARRIA. CIFUENTES.

- LOS PAÍSES DEL ESTE. UN NUEVO ORDEN INTERNACIONAL. Inocencio Arias.
- ECONOMÍA Y ECONOMÍAS DOMÉSTICAS. Julio Alcaide.
- TECNOLOGÍA Y NUEVAS FORMAS DE LA ARQUITECTURA. Francisco J. Sáenz de Oiza.
- LA PSICOLOGÍA ANTE EL NUEVO MILENIO. José Luis Pinillos.
- PRENSA Y PODER. Pedro J. Ramírez.
- LA EVOLUCIÓN DE LA ALIMENTACIÓN HUMANA. Francisco Grande Covián.
- EL DEPORTE ESPAÑOL: SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE FUTURO. Francisco París Roche.

1991 “Apuntes del Pasado y del Futuro” PUEBLOS DE LA ALCARRIA. BRIHUEGA.

- CERVANTES: CLAVE ESPAÑOLA. Julián Marías.
- LA CRISIS DEL GOLFO PÉRSICO Y SUS REPERCUSIONES INTERNACIONALES. Darío Valcárcel.
- REFLEXIONES DE UN HISTORIADOR ANTE EL NUEVO SIGLO. Luis Suárez.
- ECONOMÍA, TÉCNICA Y NATURALEZA. PASADO Y PRESENTE. Gonzalo Anes.
- LA LENGUA ESPAÑOLA ANTE EL AÑO 2000. Fernando Lázaro Carreter.
- LA FORMACIÓN DE LA OPINIÓN PÚBLICA. Juan Luis Cebrián.
- REFLEXIONES ANTE LA VIOLENCIA EN EL FÚTBOL. Jorge Valdano.

⁴⁶⁶ De nuevo agradecemos esta información a Leopoldo Antolín.

⁴⁶⁷ VDI-Freundskreis Spanien (<https://www.vdi.de/ueber-uns/vor-ort/vdi-netzwerk-international/spanien>).

1992 “Un año para la Historia” LA ALCARRIA. TRILLO. LOS BAÑOS DE CARLOS III

- EL TIEMPO Y SU MUDANZA EN EL TEATRO BENAVENTE. Joaquín Calvo Sotelo.
- LOS JUEGOS OLÍMPICOS DE BARCELONA Y SUS CONSECUENCIAS PARA ESPAÑA. Carlos Ferrer Salat.
- LA MONARQUÍA HISPÁNICA. Miguel Artola Gallego.
- CUATRO ECONOMISTAS SIN CONTAR UN POLÍTICO ANTE EL FENOMENO COLONIAL ESPAÑOL: CAMPOMANES, ADAM SMITH, FLÓREZ ESTRADA, BENTHAM y ARANDA. Pedro Schwartz Girón.
- HISPANOAMÉRICA EN MI RECUERDO. Pedro Laín Entralgo.
- PANORAMA ACTUAL DE LA FIESTA. Mariví Romero.

1993 “Usos Sociales y Calidad de Vida” PUEBLOS DE LA ALCARRIA. PAREJA.

- EL MADRID QUE YO HE VISTO CRECER. Fernando Chueca Goitia.
- LA ECONOMÍA ESPAÑOLA QUE HE VISTO CAMBIAR. Juan Velarde Fuertes.
- USOS SOCIALES, DERECHO Y SOCIEDAD. Antonio Fernández Galiano.
- CALIDAD DE VIDA Y COMUNICACIÓN. Olga Viza.
- LA CREACIÓN LITERARIA: MI EXPERIENCIA PERSONAL. Ana María Matute.
- LA ATMÓSFERA, SU JETO ACTIVO Y PASIVO DE LA ACTIVIDAD HUMANA. Manuel Toharia.
- EL DEPORTE COMO CULTURA. Matías Prats.

1994 PUEBLOS DE LA ALCARRIA. BUDIA

- MEDELLÍN: UNA EXPERIENCIA EN LOS PROCESOS DE REINSERCIÓN SOCIAL. María Emma Mejía Vélez.
- JUAN PABLO II Y GORBACHOV: DOS FIGURAS PARA LA HISTORIA. Paloma Gómez Borrero.
- REALIDAD Y FANTASÍA EN LA NUTRICIÓN. Gregorio Varela.
- EL TEMPLO EN LA ARQUITECTURA. Miguel de Oriol e Ybarra.
- EL PARLAMENTO: AYER Y HOY. Luis Carandell.
- LOS VALORES DE FIN DE SIGLO. ACOTACIONES A LA CRISIS DE LA MODERNIDAD. Gregorio Peces Barba.
- INFLUENCIA SOCIAL DEL FÚTBOL: EL PODER DE UN GRAN CLUB. Inocencio Arias.

1995 PUEBLOS DE LA ALCARRIA. DURÓN.

- LA SELECCIÓN DEL 2000. FORMACIÓN DE JUGADORES. Manuel Sainz Márquez.
- EL CARDENAL ALCARREÑO PEDRO DE MENDOZA “TERCER REY DE ESPAÑA”. Antonio Romeu de Armas.
- ESPAÑA EN ESTE CUARTO DE HORA. Pilar Urbano.
- MEDITERRÁNEO: CREACIÓN Y RETOS. Baltasar Porcel.
- NACIÓN ESPAÑOLA Y NACIONALISMOS. Fernando García de Cortázar.
- ¿UNA HISTORIA DE EUROPA?. Vicente Palacio Atard.
- MITOS Y FICCIONES DE LA CIENCIA EN LA LITERATURA. Ángel Martín Municio.

1996 PUEBLOS DE LA ALCARRIA. HENCHE.

- EL MILITAR EN LA HORA DE LA PAZ. Javier Pardo de Santayana y Coloma.
- CÓMO Y POR QUÉ ENTRAMOS EN EUROPA. Raimundo Bassols.
- HABLEMOS DE TOROS. Manuel Molés.
- EDUCAR EN TIEMPO DE CRISIS. Ángeles Galino.
- LA LARGA MARCHA DE LOS ESPAÑOLES HACIA LA DEMOCRACIA. Victoria Prego.
- LOS “98” EN LA HISTORIA DE LA ESPAÑA MODERNA. Carlos Seco Serrano.

1997 PUEBLOS DE LA ALCARRIA. MANIEL.

- LA RELIGIOSIDAD EN EL MUNDO DEL FLAMENCO. Manuel López Rodríguez.
- PROBLEMAS DEL PLURILINGÜISMO. Gregorio Salvador.
- EL AMOR EN LAS LETRAS ESPAÑOLAS. Fernando Díaz-Plaja.
- EL HUMOR, SEXTO SENTIDO. Manuel Alcántara.
- EL MUNDO DE LOS ESPÍRITUS. José María Pilón.
- ENVEJECIMIENTO. Santiago Grisolia.

1998 PUEBLOS DE LA ALCARRIA. SOLANILLOS DEL EXTREMO.

- LAS DROGAS. ENTRE LA PREOCUPACIÓN Y LA ESPERANZA. Ignacio Calderón Balanzategui.
- CLAVES Y PERSPECTIVAS DEL CONFLICTO YUGOESLAVO. Nuño Aguirre de Cárcer.
- LA SALUD, UNA MIRADA DESDE EL OPTIMISMO. Ramón Sanchez Ocaña.
- VELÁZQUEZ EN EL UMBRAL DE SU CENTENARIO. José Manuel Pita Andrade.
- LOS CAZADORES DEL PALEOLÍTICO SUPERIOR EN LA ALCARRIA. José Luis Bozal González.

1999 PUEBLOS DE LA ALCARRIA. SACEDÓN.

- LA PRINCESA DE ÉBOLI: ¿SÓLO AMBICIÓN Y PODER?. María Teresa Álvarez.
- EL CICLISMO AYER Y HOY. Federico Martín Bahamontes.
- LA TAUROMAQUIA EN EL AÑO 2000. Fernando Fernández Román.
- LA CATEDRAL DE SIGÜENZA. Pedro Navascués de Palacio.
- LAS DIVERSAS ACTITUDES FRENTE A LA CIENCIA. Alberto Dou.
- POR EL CAMINO DE SANTIAGO. Manuel Alvar López.

2000 PUEBLOS DE LA ALCARRIA. SIGÜENZA.

- EL OFICIO DE ACTOR. José Luis López Vázquez.
- MATRIMONIOS REALES HISPANO-BRITÁNICOS EN EL MEDIEVO. Fernando de Ybarra y López-Dóriga.
- EN LOS CONFINES DE LA TIERRA. Sebastián Álvaro Lomba.
- LA CRISIS DE LA RAZÓN Y DEL MUNDO DE HOY. Carlos Bousoño Prieto.
- GOYA Y SU TIEMPO. Alfonso E. Pérez Sánchez.
- JOVELLANOS EN LA ALCARRIA. Manuel Álvarez-Valdés y Valdés.

2001 GUADALAJARA

- SANTA TERESA. UNA MUJER ACTUAL. Asun Aguirrezábal.
- LOS OTROS PERSONAJES DE LA FIESTA. Miguel Á. Moncholi Chaparro.
- HISTORIA, COSAS E HISTORIA DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA. Antonio Pérez-Tenessa Hernández.
- LA NOBLEZA CASTELLANA Y LA COYUNTURA CULTURAL DEL SIGLO XV. Santiago Aguadé Nieto.
- ¿ESPERANZA PARA UN CONTINENTE DESESPERADO?. Diego M. Sánchez Bustamante.
- VIAJES POR LOS CASTILLOS DE GUADALAJARA. Jorge Jiménez Esteban.

Fuente: cortesía de Alfonso de la Torre

gran público. Trillo hizo lo propio en el término municipal de Trillo y la comarca de la Alcarria. Desde 1981 instaló un centro de información destinado a presentar a autoridades, académicos, periodistas y colectivos sociales la situación y perspectivas de la energía nuclear, en general, y de la central de Trillo, en particular. Entre otras actividades, se organizaron viajes técnicos a Alemania, reuniones con alcaldes, cursos para profesores, visitas escolares y ciclos de conferencias (“Encuentros Culturales”), impartidos por destacadas personalidades de la política, la economía y la cultura del país (Tabla 3)⁴⁶⁸. También se editaron libros, informes especializados y la revista *Alcarria Alta*.

Con el paso del tiempo, las instituciones modificaron su denominación y cometidos originarios. En medio de la catástrofe de Chernóbil, y de la polémica generada a nivel mundial⁴⁶⁹, el Ministerio de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad de los Reactores (conocido como BMU en Alemania) pasó a ser el

⁴⁶⁸ Estas actividades se concentraron entre 1989 y 2001, coincidiendo con la gerencia de Eduardo Díaz Río. Agradecemos esta información a Alfonso de la Torre, cuya carrera profesional ha estado muy vinculada al proyecto y explotación de la central nuclear de Trillo.

⁴⁶⁹ Jordan (2018), pp. 318-320.

nuevo interlocutor del CSN. Desde 2018, se denominó Ministerio de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear. También las instituciones científicas evolucionaron. Además de los cambios en los objetivos y organización de Jülich, en 1994 el KFK establecía dos áreas de actividad: la investigación y el desmantelamiento de instalaciones nucleares. En 1995 cambió su nombre por el de Centro de Investigación Karlsruhe-Técnica y Medio Ambiente, y en 1998 fundó allí un Instituto para la Nanotecnología⁴⁷⁰. El CIEMAT amplió sus relaciones con estos y otros organismos, en particular en el campo de la fusión nuclear, los residuos radiactivos, el estudio del clima y la protección radiológica.

Esta colaboración científica convivió con importantes diferencias en la política energética seguida por uno y otro país. Eduardo Díaz Río, gerente de la central nuclear de Trillo, señalaba en 1998 (con motivo del décimo aniversario de la puesta en explotación): “a lo largo de los años, la empresa eléctrica ha tenido que pasar por una serie de cambios, a los que ha sabido adaptarse y evolucionar”. Rememoraba los perniciosos efectos sobre el crédito de “los intereses al 17-18%” y las “devaluaciones” y saludaba “la entrada en la moneda única”. Aunque



Eduardo Díaz Río, gerente de CN Trillo y presidente de la SNE (1977-1979).

reconocía que las nuevas inversiones iban orientadas a “las energías renovables y a los ciclos combinados”, para Díaz Río, la energía nuclear tendría “compás de espera unos años”, pero en el futuro habría que contar con ella para “contribuir a la limitación del efecto invernadero y las lluvias ácidas”. Hacía también referencia al tema de los residuos, en particular a los contenedores diseñados por ENSA y a la necesidad de construir un almacén para el combustible gastado, cuya licencia había sido “denegada dos veces por el Ayuntamiento de Trillo”. Díaz Río señalaba que dos recursos contencioso-administrativos habían sido ya presentados “ante el Tribunal Superior de Justicia de la Comunidad de Castilla-La Mancha”⁴⁷¹. En el Ayuntamiento de Trillo y el Gobierno civil de Guadalajara se generaron sonadas discusiones en torno a este tema⁴⁷².

Dos años después de que se publicasen estas palabras de Díaz Río, en el 2000, el Gobierno presidido por Gerhard Schröder, de coalición entre los socialdemócratas del SPD y los Verdes, llegaba a un “consenso atómico” con las empresas de energía para limitar a 32 años el periodo de explotación de las centrales y prohibir la construcción de nuevos reactores. En 2003 se paraba

⁴⁷⁰ Sperling (2006), pp. 75-83.

⁴⁷¹ Entrevista a Eduardo Díaz Río, gerente de C.N. Trillo I, en el número 177 (1998) de *Nuclear España. Revista de la SNE*, pp. 4-5.

⁴⁷² Sesiones extraordinarias del Ayuntamiento de 18/9/1979, 26/10/1979 y 28/3/1980, AMT, caja 269. Dirección General de Seguridad. Notas informativas al Gobernador Civil, 2/4/1979, 11/9/1979, 14/9/1979 y 19/9/1979, Archivo Histórico Provincial del Guadalajara (AHPG), Gobierno Civil-2744.

el reactor de la central de Stade y en 2005 el de Obrigheim, quedando en operación 17 reactores. Más de una década antes, en 1990, se había paralizado y comenzado a dismantelar el programa nuclear de la antigua RDA (reactores tipo VVER), debido a las reservas que planteaba su seguridad. En 2009, con los votos de los liberales del FDP y de los cristiano-demócratas de la CSU y la CDU, el Parlamento alemán tomaba la decisión de ampliar la vida útil de las centrales (8 años los reactores construidos antes de 1980 y 14 años los posteriores). Sin embargo, en 2011, tras la catástrofe de Fukushima, el Parlamento decidía por amplia mayoría cerrar y dismantelar las últimas centrales en 2022. Fue durante el gobierno de Angela Merkel (CDU), cabeza de la gran coalición entre CDU/CSU y los socialdemócratas. Un fondo de financiación era definido en 2017 para encargarse de los residuos, quedando la responsabilidad del dismantelamiento de los reactores en manos de las empresas que los habían explotado. En 2021 se llegó a un acuerdo entre las empresas de energía y el Gobierno para otorgar indemnizaciones por esa parada nuclear (*Atomausstieg*) anticipada⁴⁷³. La crisis energética derivada de la Guerra de Ucrania ha hecho a algunos sectores replantearse la viabilidad de la energía nuclear, pero la decisión de cierre no ha tenido vuelta atrás.

Por el momento, no se ha producido en España, con ninguno de sus Gobiernos, un debate nuclear similar al alemán. Tampoco el movimiento antinuclear ha tenido la misma intensidad ni ha influido de manera tan contundente en la esfera política como en Alemania (aunque fue clave en algunos episodios, como la paralización de Lemóniz). Indicaremos, para finalizar, que existe una interesante agenda de trabajo que está pendiente de investigación, como la relación, convergente o divergente, entre la trayectoria nuclear y el crecimiento económico de ambos países en las últimas décadas.

BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA, Faustino, coord. (2022), *El desarrollo de la industria nuclear en España. Contexto y retos empresariales*, Madrid, Sociedad Nuclear Española.
- ACOSTA Faustino (2023), "Spreading NuclearEnergy in Southern Europe: The Large Projects in Catalonia", *Revista de Historia Industrial*, early view, <https://doi.org/10.1344/rhihr.39243>
- ALONSO, Agustín (1983), "La energía nuclear en Europa y el mundo", *Energía Nuclear*, 143, pp. 191-209.
- ÁLVARO MOYA, Adoración (2014), "The Globalization of Knowledge Based Services: Engineering Consulting in Spain, 1953-1975", *Business History Review*, 88 (4), pp. 681-707.
- AMOR, Ignacio (2010), "El Banco Dosimétrico Nacional y el carné radiológico", *Alfa*, 12, pp. 18-19.
- AUGUSTINE, Dolores L. (2018), *Taking on Technocracy. Nuclear Power in Germany, 1945 to the Present*, New York/Oxford, Berghahn.
- BARTHELT, Klaus (1987), "Entwicklungsperspektiven in der Nuklearindustrie", *Atomwirtschaft, Atomtechnik*, 32 (8-9), pp. 398-402.
- BERHOFF, Hartmut (2004), *Moderne Unternehmensgeschichte*, München, Schöningh.

⁴⁷³ Uekötter (2022), pp. 321-322. Listado de los reactores en dismantelamiento en <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/germany.aspx>

BRIESEMEISTER, Dietrich (2010), "España en Alemania: sobre el desarrollo de la investigación en los siglos XIX y XX"/"Spanien in Deutschland: Zur Entwicklung der Forschungen in 19 und 20 Jahrhundert", en S. Rebok, ed., *Traspasar fronteras: un siglo de intercambio científico entre España y Alemania/Über Grenzen hinaus. Ein Jahrhundert deutsch-spanische Wissenschaftsbeziehungen*, Madrid, CSIC/DAAD, pp. 55-86.

CARO, Rafael et al. (1995), *Historia nuclear de España*, Madrid, Sociedad Nuclear Española.

CASSON, Mark C. y COX, Howard (1993), "International business networks: theory and history", *Business and Economic History*, 22, pp. 42-53.

CATALÁN, Jordi (1995), *La economía española y la segunda guerra mundial*, Barcelona, Ariel.

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR (1981), *Informe al Congreso de Diputados y al Senado*, Madrid, CSN.

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR (1984), *Informe al Congreso de Diputados y al Senado*, Madrid, CSN.

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR (1994), "Central Nuclear de Trillo" en *Las centrales nucleares españolas*, Madrid, Gabinete de la Secretaría General, pp. 214-235.

DE LA TORRE, Joseba (2017), "Who was Who in the Making of Spanish Nuclear Programme, c. 1950-1985", en M. Rubio-Varas y J. De la Torre, eds., *The Economic History of Nuclear Energy in Spain. Governance, Business and Finance*, London, Palgrave, pp. 33-65.

DE LA TORRE, Joseba y RUBIO-VARAS, Mar (2015), *La financiación exterior del desarrollo industrial español a través del IEME, 1950-1982*, Madrid, Banco de España.

DE LA TORRE, Joseba y RUBIO-VARAS, Mar (2018), "Learning by doing: The First Spanish Nuclear Plant", *Business History Review*, 92, pp. 29-55.

DE LA TORRE, Joseba, RUBIO-VARAS, Mar, SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, Esther M. y SANZ LAFUENTE, G. (2022), "Nuclear engineering and technology transfer: The Spanish strategies to deal with US, French and German nuclear manufacturers, 1955-1985", *Business History*, 64/8, pp. 1435-1459.

ENERGÍA E INDUSTRIAS ARAGONESAS SA-EIASA (1968), *Energía e Industrias Aragonesas SA 1918-1968. Cincuentenario de la sociedad*, Bilbao, Artes Gráficas Lerchundi.

ESPAÑOL, Hipólito (1990), "1975-1985. Crisis energética. Aumento del peso eléctrico aragonés", en L. Germán, ed., *ERZ (1910-1990). El desarrollo del sector eléctrico en Aragón*, Zaragoza, IFC-ERZ.

FELDENKIRCHEN, Wilfried (2003), "Drivers and Limits of Americanization in the West German Electrical and Electronics Industry" en A. Kudo, M. Kipping y H. Schröter, eds., *America as Reference? German and Japanese Industry during the Boom Years. Transforming American Management and Technology Models*, London/ New York, pp. 116-137.

FELDENKIRCHEN, Wilfried y POSNER, Eberhard (2005), *The Siemens Entrepreneurs. Continuity and Change, 1847-2005*, München/Zürich, Piper.

FLAM, Helena, ed. (1994), *States and Antinuclear Movements*, Edinburgh, Edinburgh University Press.

GARCÍA-VELASCO, José (2010), "Un precedente en la Europa del conocimiento: la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (1907-1939)" / "Ein Vorläufer der europäischen Wissensgesellschaft:

Die Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (1907-1939)", en S. Rebok, ed., *Traspasar fronteras: un siglo de intercambio científico entre España y Alemania/Über Grenzen hinaus. Ein Jahrhundert deutsch-spanische Wissenschaftsbeziehungen*, Madrid, CSIC/DAAD, pp. 139-168.

GAVIRIA, Mario y PEREA, José María (2015) *El paraíso estancado. La complementariedad hispanoalemana*, Madrid, Catarata.

GIRAL, Francisco (1994), *Ciencia española en el exilio (1939-1989). El exilio de los científicos españoles*, Barcelona, Anthropos.

HANEL, Tilmann (2015), *Die Bombe als Option*, Essen, Klartext.

HILGER, S. (2004), *Amerikanisierung" deutscher Unternehmen. Wettbewerb strategien und Unternehmenspolitik bei Henkel, Siemens und Daimler-Benz (1945/49-1975)*, Stuttgart, Franz Steiner Verlag.

JANUÉ i MIRET, Marició (2010), "La ciencia y la cultura alemanas como espejo: pensionados de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JACE) en Alemania" / "Im Spiegel der deutschen Wissenschaft und Kultur: Stipendiaten der Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE) in Deutschland", en S. Rebok, ed., *Traspasar fronteras: un siglo de intercambio científico entre España y Alemania/Über Grenzen hinaus. Ein Jahrhundert deutsch-spanische Wissenschaftsbeziehungen*, Madrid, CSIC/DAAD, 169-192.

JOPPKE, Christian (1993), *Mobilizing against nuclear energy: a comparison of Germany and United States*, Berkeley, University of California Press.

JORDAN, Katrin (2018), *Ausgestrahlt. Die mediale Debatte um "Tschernobyl" in der Bundesrepublik und Frankreich, 1986/1987*, Göttingen, Wallstein.

KAISER, Walter y KÖNIG, Wolfgang (Hrsg.), *Geschichte des Ingenieurs*, München/Wien, Hanse.

KNOLL, Michael. (2013), *Atomare Optionen. Westdeutsche Kernwaffenpolitik in der Ära Adenauer*, Frankfurt am Main, Peter Lang.

LASA, Antonio (1989), "Central Trillo I. Licenciamiento", *Revista de la Sociedad Nuclear Española*, 3, pp. 27-29.

LÓPEZ, Santiago (1996), "La investigación científica y técnica antes y después de la Guerra Civil", en A. Gómez Mendoza, coord., *Economía y Sociedad en la España moderna y contemporánea*, Madrid, Síntesis, pp. 265-276.

LÓPEZ, Santiago (2008), "Las ciencias aplicadas y las técnicas: la Fundación Nacional de Investigaciones Científicas y Ensayos de Reformas y el Patronato Juan de la Cierva del CSIC (1931-1961)", en A. Romero de Pablos y M. J. Santesmases, eds., *Cien años de política científica en España*, Bilbao, Fundación BBVA, pp. 95-100.

LÓPEZ, Santiago y SANTESMASES, María Jesús (2006), "La ciencia en España", en A.G. Enciso y J.M. Mates Barco, coords., *Historia Económica de España*, Barcelona, Ariel, pp. 891-918.

LOSCERTALES, Javier (2002), *Deutsche Investitionen in Spanien 1870-1920*, Stuttgart, Franz Steiner Verlag.

MARX, Christian (2015), "Der zerplatzte Traum vom industriellen Atomzeitalter. Der mislungene Einstieg westdeutscher Chemiekonzerne in die Kernenergie während der 1960er und 70er Jahre", *Zeitschrift für Unternehmensgeschichte-ZUG*, 1/60, pp. 3-28

MÜLLER, Wolfgang D. (1990), *Geschichte der Kernenergie in der Bundesrepublik Deutschland. Anfänge und Weiterstellungen*, Band 1, Stuttgart, Verlag für Wirtschaft und Steuern.

NUCLEAR ENGINEERING INTERNATIONAL (1972), *Survey of Spain*, número especial.

PRESAS i PUIG, Albert (2000), "La correspondencia entre José M. Otero Navascués y Karl Wirtz, un episodio de las relaciones internacionales de la Junta de Energía Nuclear", *Arbor*, 659-660, pp. 527-602.

PRESAS i PUIG, Albert (2006), "Deutsche Wissenschaftler und Spezialisten in Spanien im 20. Jahrhundert: Kontinuitäten und Umbrüche" en R. von Bruch, U. Gerhardt y A. Pawliczek, eds., *Kontinuitäten und Diskontinuitäten in der Wissenschaftsgeschichte des 20. Jahrhunderts*, Stuttgart, Franz Steiner Verlag, pp. 160-162.

PRESAS i PUIG, Albert (2008), "La inmediata posguerra y la relación científica y técnica con Alemania" en A. Romero de Pablos y M. J. Santesmases, eds., *Cien años de política científica en España*, Bilbao, Fundación BBVA, pp. 178-182.

RADKAU, Joachim (1978), "Kernenergie-Entwicklung in der Bundesrepublik: ein Lernprozess. Die ungeplante Durchsetzung des Leichtwasserreaktors und die Krise der gesellschaftliche Kontrolle über die Atomwirtschaft", *Geschichte und Gesellschaft*, 4, pp. 195-222.

RADKAU, Joachim (1983), *Aufstieg und Krise der deutschen Atomwirtschaft: 1945-1975. Verdrängte Alternativen in der Kerntechnik und der Ursprung der nuklearen Kontroverse*, Reinbek bei Hamburg, Rowohlt

REBOK, Sandra, ed. (2010), *Traspasar fronteras: un siglo de intercambio científico entre España y Alemania/Über Grenzen hinaus. Ein Jahrhundert deutsch-spanische Wissenschaftsbeziehungen*, Madrid, CSIC/DAAD.

REGUART, Jaime (1986), "La licencia en la CN Trillo I", *Nuclear España. Revista de la SNE*, 39, pp. 51-56.

REMBSER, Josef (1966), "Atomhaushalte in den USA, Großbritannien, Frankreich und der Bundesrepublik", *Atomwirtschaft*, März, pp. 114-118.

ROMBERG, Dennis (2020), *Atomgeschäfte. Die Nuklearpolitik der Bundesrepublik Deutschland 1970-1979*, Paderborn, Schöningh.

ROMERO DE PABLOS, Ana (2000), "Un viaje de José María Otero Navascués. Los inicios de la energía nuclear en España", *Arbor*, 659-660, pp. 509-526.

ROMERO DE PABLOS, Ana (2012), "Poder político y poder tecnológico: el desarrollo nuclear español (1955-1985)", *CTS. Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 7/21, pp. 141-162.

ROMERO DE PABLOS, Ana y SÁNCHEZ RON, José Manuel (2001), *De la JEN al CIEMAT. La energía nuclear en España*, Madrid, Doce Calles/CIEMAT.

RUBIO VARAS, Mar y DE LA TORRE, Joseba (2017), "How did Spain become the Major US Nuclear Client?" en M. Rubio-Varas y J. De la Torre, eds., *The Economic History of Nuclear Energy in Spain. Governance, Business and Finance*, London, Palgrave, pp. 119-154.

SÁNCHEZ RON, José Manuel (2002), "International Relations in Spanish Physics from 1900 to the Cold War", *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, 33/1, pp. 3-31.

SÁNCHEZ-RON, José Manuel (2010), "Relaciones científicas entre España y Alemania en física, química y matemáticas" en S. Rebok, ed., *Traspasar fronteras: un siglo de intercambio científico entre España y Alemania/Über Grenzen hinaus. Ein Jahrhundert deutsch-spanische Wissenschaftsbeziehungen*, Madrid, CSIC/DAAD, pp. 291-325.

SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, Esther M. (2017), "An Alternative Route? France's Position in the Spanish Nuclear Program, c.1950s-1980s", en M. Rubio-Varas y J. De la Torre, eds., *The Economic History of Nuclear Energy in Spain. Governance, Business and Finance*, London, Palgrave, pp. 155-186.

SANZ DÍAZ, Carlos (2010), "Relaciones científico-culturales hispano-alemanas entre 1939 y 1975"/ "Die wissenschaftlich-kulturellen Beziehungen zwischen Spanien und Deutschland von 1939 bis 1975", en S. Rebok, ed., *Traspasar fronteras: un siglo de intercambio científico entre España y Alemania/Über Grenzen hinaus. Ein Jahrhundert deutsch-spanische Wissenschaftsbeziehungen*, Madrid, CSIC/DAAD, pp. 359-382.

SANZ DÍAZ, Carlos (2019), "La República Federal de Alemania y los intercambios científicos y técnicos con España" en L. Delgado y S.M. López, dirs., *Ciencia en transición: el lastre franquista ante el reto de la modernización*, Madrid, Sílex, pp. 189-227.

SANZ LAFUENTE, Gloria (2017), "The Long Road to the Trillo Nuclear Power Plant: West Germany in the Spanish Nuclear Race", en M. Rubio-Varas y J. De la Torre, eds., *The Economic History of Nuclear Energy in Spain. Governance, Business and Finance*, London, Palgrave, pp. 187-215.

SPERLING, Peter (2006), *Geschichten aus der Geschichte. 50 Jahre Forschungszentrum Karlsruhe. Bereit für die Zukunft*, Karlsruhe, Karl Elser Druck.

STEVE D. Thomas, (1988), *The Realities of Nuclear Power: International Economic and Regulatory Experience*, Cambridge, Cambridge University Press.

UEKÖTTER, Frank (2022), *Atomare Demokratie*, Stuttgart, Franz Steiner Verlag.

UNIÓN ELÉCTRICA MADRILEÑA (1962), *50 años al servicio de la capital de España*, Bilbao, Imprenta industrial.

VIÑAS, Ángel (2001), *Franco, Hitler y el estallido de la guerra civil. Antecedentes y consecuencias*, Madrid, Alianza.

WEHNER, Christoph (2017), *Die Versicherung der Atomgefahr. Risikopolitik, Sicherheitsproduktions und Expertise in der Bundesrepublik Deutschland und den USA 1945-1986*, Göttingen, Wallstein.

WINNACKER, Karl y WIRTZ, Karl (1975), *Das Unverständene Wunder*, Düsseldorf /Wien, Econ Verlag.

WIRTZ, Karl (1988), *Im Umkreis der Physik*, Karlsruhe, Kernforschungszentrum.

Parte 3. La internacionalización del sector nuclear y el papel de las asociaciones empresariales

ESTHER SÁNCHEZ Y SANTIAGO LÓPEZ

El proceso de expansión de la industrialización en el mundo ha ido creando, en cada etapa y sector de actividad, estándares internacionales, convenciones mundiales y normativas conjuntas entre países, con mayor o menor implicación de las empresas. Ha sido en el sector de las telecomunicaciones en el que históricamente más se han desplegado estas acciones de interrelación y coordinación, inicialmente con el telégrafo en el siglo XIX, luego con el teléfono, la radio y la aviación comercial en el XX, y en los últimos decenios con Internet y los satélites de comunicación. En todos estos sectores, la necesidad de conexión y la búsqueda de seguridad han empujado a los Estados a coordinarse, entre sí y con la industria privada. Con frecuencia, las empresas se han servido de asociaciones nacionales de fabricantes y/o operadores, que a su vez se han mancomunado en asociaciones internacionales que trabajan junto a los organismos multilaterales.

Conexión y seguridad son, por consiguiente, dos de los principales motores de la coordinación internacional entre Estados, entre empresas y entre ambos. Sin duda, es en el sector de la energía nuclear donde el factor de la seguridad más ha potenciado la búsqueda de coordinación e interrelaciones. Este aspecto es puesto de relieve por Matilde Pelegrí (fundadora y CEO del grupo editorial SENDA y experta en comunicación en energía y medioambiente) en su capítulo titulado “INPO y WANO. La colaboración y el aprendizaje en el sector nuclear”. INPO (Institute of Nuclear Power Operations) fue creado en diciembre de 1979 como organismo de las empresas operadoras de centrales nucleares en Estados Unidos para hacer frente y reducir el riesgo de los posibles accidentes nucleares. INPO nació como respuesta al accidente ocurrido el 28 de marzo de 1979 en la unidad 2 de la central de Three Mile Island (TMI-2). Lo relevante de INPO es que se trata de una iniciativa privada, empresarial, para defender un bien común como es el de la seguridad. Estamos por tanto ante una herramienta de autorregulación creada para reducir el coste de seguridad al que tendría que hacer frente cada empresa, mutualizando el riesgo entre los asociados a través de la investigación conjunta, la circulación de información y la capacitación de los especialistas para hacer frente a incidentes y contingencias. Obviamente, estas iniciativas no podían quedar limitadas a Estados Unidos, así que rápidamente se invitó al resto de países con centrales nucleares a que colaborasen en el intercambio de información.

Si el accidente de TMI-2 condujo a la fundación de INPO, el de Chernóbil del 26 de abril de 1986 llevó a la constitución de WANO (World Association of Nuclear Operators). El grado de internacionalización con el que había operado INPO facilitó la estrategia de creación de WANO, pero en esta ocasión el problema radicaba en que la

central accidentada se encontraba en territorio soviético (Ucrania), de modo que el sistema de coordinación tenía que ser plurinacional y basarse en el concepto de ayuda. Para conseguirlo, se trazó el plan de crear varios centros coordinados, uno de los cuales estaría en Moscú, y mantendría una estrecha relación con el europeo de París. El objetivo era lograr una coordinación verdaderamente mundial, que implicase a todas las empresas y países con centrales nucleares. Ahora bien, su éxito no dependía tanto de mutualizar el riesgo, como había sucedido con INPO, como de generar la suficiente ayuda económica para modernizar las centrales del ámbito soviético. En este sentido, el papel de la Unión Europea fue fundamental, a través de los programas TACIS (Technical Assistance to the Commonwealth of Independent States-Rusia, Bielorusia y Ucrania) y PHARE (Poland and Hungary Assistance for Restructuring of the Economy).

El capítulo de Matilde Pelegrí detalla la rápida implicación de las empresas españolas, primero a través de la Asociación Española de la Industria Eléctrica (UNESA) y luego de la Agrupación Eléctrica para el Desarrollo Tecnológico Nuclear (DTN). También destaca la alta posición lograda por el sector nuclear español en la dirección de estas organizaciones y programas. Este papel enlaza, en muchos sentidos, con las capacidades organizativas y de coordinación que ya habían demostrado los profesionales del sector con la creación de la Sociedad Nuclear Española (SNE) en 1974. A su historia e implicaciones internacionales Matilde Pelegrí dedica su segundo capítulo, titulado "La Sociedad Nuclear Española. 50 años de una historia profesional". La autora desgrana minuciosamente cómo, desde su creación, la SNE tuvo y ha seguido teniendo una clara vocación internacional.



Nació al abrigo del mismo proceso que dio origen a la European Nuclear Society (ENS) en 1975, y desde entonces ha organizado numerosas reuniones mundiales, contribuyendo decisivamente a aumentar la cultura de la colaboración internacional y el intercambio de conocimientos y experiencias. La SNE comparte estas tareas con otras asociaciones nacionales, como Foro Nuclear, e internacionales, especialmente el European Atomic Forum (Foratom, hoy Nuclear Europe) y la World Nuclear Association (WNA).

En el tercer y último capítulo, titulado “La internacionalización de las empresas españolas del sector nuclear”, Santiago M. López (profesor de la Universidad de Salamanca y especialista en la Historia de la Ciencia y la Tecnología) nos ofrece una visión panorámica de la industria nuclear española desde el punto de vista de su papel en el mundo. Entre los años cincuenta y los ochenta, el sector nuclear español acumuló unas notables capacidades tecnológicas, que le sirvieron posteriormente para alcanzar ventajas competitivas en el panorama internacional. Hoy constituye, tanto en la fabricación de bienes de equipo como en los servicios de ingeniería, un referente por sus niveles de exportación y su participación en proyectos industriales y de investigación. Este resultado deriva sobre todo del esfuerzo desplegado por las empresas, de su inversión y experiencia en la fabricación y el montaje de componentes y actividades de I+D+i. Pero sin la coordinación y las relaciones de confianza fraguadas en las asociaciones empresariales y profesionales, como Foro Nuclear y la SNE, no se habría llegado, seguramente, a la actual posición que el sector y sus representantes ocupan en el panorama mundial.

Capítulo 3.1 INPO y WANO. La colaboración y el aprendizaje en el sector nuclear

MATILDE PELEGRÍ TORRES

La historia de la energía nuclear aplicada a la producción de energía nuclear se sustenta en el buen funcionamiento de las centrales, y también en el aprendizaje acerca de los incidentes y accidentes ocurridos en las centrales. Conscientes de que cualquier fallo puede tener consecuencias que van más allá de la propia instalación y su entorno, los responsables de la operación de las plantas han tenido entre sus objetivos prioritarios la colaboración y el intercambio de las experiencias en temas de seguridad.

En este capítulo se expone el papel que los accidentes han tenido en el establecimiento de las entidades que agrupan a las compañías propietarias de las instalaciones con el propósito de llevar a la práctica ese intercambio, destacando la participación de los profesionales españoles en ellas.

3.1.1. INPO. El inicio de la colaboración internacional

El primer punto de inflexión en la trayectoria de producción de energía nuclear fue el incidente ocurrido en la unidad 2 (TMI-2) de la central Three Mile Island, situada en el Estado norteamericano de Pensilvania, en marzo de 1979⁴⁷⁴. A consecuencia de este incidente, el presidente de los Estados Unidos, Jimmy Carter, designó a la Comisión Kemeny para que investigara lo sucedido y presentara un informe al respecto (Kemeny, 1979). Como consecuencia de este análisis, y con el fin de compartir experiencias entre las centrales de Estados Unidos, analizar los sucesos y evitar futuros incidentes, se creó en diciembre de 1979 el Institute of Nuclear Power Operations (INPO), con sede en Atlanta, Georgia⁴⁷⁵. Como indicaba el presidente y director ejecutivo de INPO, Zack Pate, en 1986, la Comisión Kemeny reconoció que,

“... no basta con cumplir los requisitos de las normas oficiales para garantizar la seguridad; por consiguiente, la industria debe establecer también normas de calidad y velar por el cumplimiento para garantizar una gestión eficaz y una explotación segura de sus centrales nucleares”. Citado en Pate (1986, p. 60).

Expertos conocedores de la realidad de aquel momento recuerdan que la creación de INPO tuvo también su origen en el requisito promovido por el grupo de las compañías aseguradoras en los Estados Unidos, para establecer un mecanismo que permitiera evaluar lo sucedido y proponer líneas de mejora para mantener en cifras asumibles las primas de los seguros aplicadas a las centrales.

⁴⁷⁴ Véase “Three Mile Island - Unit 2”, U.S.NCR, <https://www.nrc.gov/info-finder/decommissioning/power-reactor/three-mile-island-unit-2.html> (información actualizada a 1 de mayo de 2023).

⁴⁷⁵ Véase Cantelon y Walker (2012) para una historia de INPO.

INPO estaba integrado por las empresas operadoras de centrales nucleares en los Estados Unidos, y estableció como programas iniciales cuatro áreas básicas: la evaluación, la capacitación y aceptación de los profesionales, el intercambio de experiencias de operación, y la asistencia mutua. Se trataba, en definitiva, de que las centrales colaboraran en exponer sus experiencias para compartir aprendizajes comunes.

El primer presidente de INPO fue el almirante Eugene Parks Wilkinson, oficial de la Marina de los Estados Unidos, y que en 1954 había sido el primer comandante del USS Nautilus, el primer submarino propulsado por energía nuclear del mundo. INPO se estableció en Atlanta por su situación geográfica, pues ocupaba una posición equidistante a la mayor parte de las regiones con centrales nucleares⁴⁷⁶.

España, uno de los primeros

El objetivo de INPO de intercambio de conocimiento entre los operadores llevó a su dirección a abrir fronteras e iniciar contactos con el sector nuclear europeo. España fue uno de los primeros países en unirse a esta iniciativa. Para conocer este proceso, he tenido la oportunidad de consultar con algunos de los protagonistas de esta historia, a los que agradezco su tiempo y colaboración.

El primer representante español en INPO, Santiago San Antonio, recuerda que “se iniciaron muy pronto las conversaciones, en el año 1980. El primer país europeo que se unió fue Francia, a través de EDF, y el segundo fue España”, siendo Tecnatom la empresa que asumió la interlocución en nombre de sus accionistas, las compañías eléctricas españolas propietarias de centrales nucleares.

Una de las líneas de colaboración con INPO era aportar ingenieros residentes. El primero fue Pierre Lienart, de Francia, y el segundo el propio San Antonio, por parte de Tecnatom y en representación de España. San Antonio se incorporó el 4 de julio de 1981, hasta 1982, adscrito a la división de formación y entrenamiento.



Santiago San Antonio (izquierda), de Tecnatom, y Pierre Lienart (derecha), de EDF, primeros representantes internacionales en INPO. En el centro, el director del programa, Robert Smith. Fuente: INPO Review, vol. 1, nº 2, octubre 1981.

⁴⁷⁶ Véase Campbell (1989) para situar la creación de INPO en el contexto de la respuesta colectiva (Estado, industria y organizaciones sociales) ante el accidente de TMI-2.

Se trataba de evaluar fundamentalmente los problemas surgidos en el incidente de TMI centrándose en tres áreas básicas: formación y entrenamiento, operación y respuesta ante emergencias, con el objetivo de hacer recomendaciones. A este respecto, una de las primeras tareas abordadas por los equipos internacionales fue la elaboración de guías en cada una de esas áreas. Para garantizar que se hacían adecuadamente, se llevaban a cabo evaluaciones periódicas por parte de un equipo de INPO, que se desplazaba a una central. Y, como recuerda San Antonio, “era donde todos los no anglosajones de origen aprendíamos el inglés bueno, más allá del académico que habíamos llevado como herramienta básica de nuestro conocimiento”.

El trabajo era intenso y no siempre fácil, porque el equipo de INPO presentaba sus informes independientes, que algunas veces no eran del agrado de los responsables de la planta, pero aquellas acciones constituyeron la base de la colaboración internacional entre los operadores de centrales nucleares, y han demostrado su eficacia a lo largo de los años. En cualquier caso, las recomendaciones de INPO eran de obligado cumplimiento, hecho esencial para mantener, como decíamos anteriormente, las primas de seguros en los importes acordados.

Apertura a otras centrales y coordinación con España

En una primera fase, INPO analizaba sólo las centrales nucleares norteamericanas. Pero desde el inicio de los años ochenta el programa internacional de INPO dio el paso de abordar el estudio de centrales del resto del mundo. Cabe señalar en este sentido que la primera planta española, y una de las primeras en Europa, en recibir a una delegación de INPO fue Santa María de Garoña, cuyo director era Francisco Mier. Recuerda Santiago San Antonio que “Paco Mier tenía claro que el modelo de colaboración que proponía INPO era muy útil y necesario, y que le ayudaba a mejorar la operación de la central”. Es importante tener en cuenta que las evaluaciones identificaban buenas prácticas, y ese estudio comparado con otras centrales permitía avanzar en los procesos de mejora continua, siempre teniendo el objetivo de evitar que se repitiera un incidente como el ocurrido en la central de Harrisburg, pensando en los efectos que eso tendría en el futuro de la industria nuclear en todo el mundo.

La experiencia de INPO fue muy relevante para las centrales españolas, porque permitió analizar los fallos ocurridos en TMI, especialmente en las tres áreas indicadas de formación y entrenamiento, operación y respuesta en emergencias. De hecho, San Antonio indica que en España se evidenció que se requerían muy pocos cambios, “porque el nivel de cualificación, formación y entrenamiento de las centrales nucleares españolas era muy superior al de Estados Unidos”.

El cambio fundamental se produjo en los procedimientos de operación. Para comprender esta evolución es conveniente situarse en la forma de trabajo de los operadores de las primeras centrales nucleares norteamericanas. El problema de procedimiento radicaba en que cuando se encendía una luz en la sala de control, la respuesta prevista era simplemente seguir una instrucción sin mayor conocimiento del proceso, a lo que se sumaba una cualificación no muy alta por parte del personal en la central. Por el contrario, los operadores españoles contaban, al menos, con una titulación de técnicos de grado medio, a lo que se añadía que habían cursado dos años de formación específica. Con estas premisas, y el trabajo conjunto de los diferentes países, se decidió cambiar los procedimientos de operación, orientándolos al análisis de los síntomas por parte de los operadores, con el objetivo de poder tomar decisiones en función de este análisis, en lugar de seguir simplemente una instrucción sin más conocimiento⁴⁷⁷.

⁴⁷⁷ En este período la representación española ante INPO se mantuvo a través de Tecnatom, siendo en los primeros momentos Enrique Ugedo Gudín el responsable de su seguimiento.

3.1.2. Chernóbil: punto de inflexión y conformación de la World Association of Nuclear Operators (WANO)

El 26 de abril de 1986 se produjo el accidente en la unidad 4 de la central nuclear de Chernóbil, situada en Ucrania, con reactores RBMK de tecnología soviética. El mundo se vio conmocionado, y todo el sector nuclear entendió que era necesario abordar el análisis de las consecuencias de forma global.

INPO, a través de su programa internacional, se puso en marcha para promover ayudas a los países de la Unión Soviética, con el fin de analizar lo sucedido en la central ucraniana. Para ello se llevaron a cabo diversas gestiones con expertos belgas, franceses, españoles, ingleses e italianos, con el fin de poner en marcha una iniciativa similar a las evaluaciones de INPO, contando con la participación y la colaboración entre distintos equipos y países. Sin embargo, hubo una gran resistencia por parte de los dirigentes soviéticos, que no consideraban necesario el asesoramiento, puesto que ya sabían lo que debían hacer. En palabras de Santiago San Antonio, “eran profesionales muy bien preparados, buenos científicos, y reconocían que lo que necesitaban eran recursos económicos”. Él mismo participó en la primera reunión, que tuvo lugar en el aeropuerto de Berlín, entre los representantes de la Unión Europea y los de la URSS. A partir de ahí se decidió constituir un Comité de Dirección y grupos de trabajo para tomar el liderazgo y ayudar en el análisis del accidente, partiendo de la experiencia de colaboración de INPO. El sector nuclear de todo el mundo, y muy especialmente el europeo, era consciente de la necesidad de colaborar para conocer las causas del mayor accidente ocurrido en una central nuclear, mitigar sus efectos y evitar su repetición. De esta manera nació la idea de constituir la asociación WANO⁴⁷⁸.

Puede afirmarse que WANO es a Chernóbil lo que INPO es a Three Mile Island. El intercambio de experiencias y el conocimiento de la operación de las plantas que se venía llevando a cabo entre las centrales nucleares de Estados Unidos, a través de INPO, se hizo imprescindible después del accidente ocurrido en la central ucraniana. El líder de esta iniciativa fue Lord Marshall of Goring⁴⁷⁹, presidente de la CEGB (Central Electricity Generating Board), amante de España y sus costumbres, tanto que veraneaba en nuestro país. Walter Marshall contaba con un gran reconocimiento en el Reino Unido, especialmente por su papel en el fracaso de la huelga que el sector minero planteó a la primera ministra Margaret Thatcher, y que se recuerda como una de las más duras batallas sindicales en la historia europea. Sir Walter Marshall gestionó el aprovisionamiento de carbón de las centrales térmicas con reservas suficientes para seis meses, y con ese argumento se presentó ante la primera ministra para confirmarle que podía mantener el pulso con los convocantes, que, en efecto, no fueron capaces de persistir en huelga durante tanto tiempo, lo que supuso un triunfo político relevante para Margaret Thatcher, y el nombramiento de Lord al, hasta ese momento, Sir Walter Marshall.

Por iniciativa conjunta de INPO, específicamente de su International Participant Advisory Committee, y de Électricité de France (EDF), bajo el liderazgo de Lord Marshall, se constituyó un comité para la organización de una reunión inicial, siendo París la ciudad elegida. En marzo de 1987 ya se habían cursado invitaciones a los altos ejecutivos de las compañías eléctricas de más de treinta países del mundo con centrales nucleares en operación. Finalmente, los días 5 y 6 de octubre de 1987 tiene lugar la magna reunión en París, presidida por Lord Marshall, con la participación de 30 delegaciones de todo el mundo, para el lanzamiento de una entidad

⁴⁷⁸ Para una historia extensa de WANO véase Cantelon (2016).

⁴⁷⁹ El proceso para la constitución de WANO se describe de manera detallada en el primer capítulo del libro *Nuclear safety has no borders. A history of the World Association of Nuclear Operators*, de Philip Cantelon, editado por WANO (2016).

que agrupe a todas las operadoras de centrales nucleares. En aquella reunión se creó un Comité de Dirección, presidido por Lord Marshall. Después de meses de negociaciones, planificación e intercambio de opiniones, entre otros temas sobre el nombre que debía tener la organización, se crea WANO. Teniendo en cuenta la amplitud territorial de la Asociación, se decidió constituir cuatro sedes, que dieran cobertura a las distintas áreas geográficas del mundo: Atlanta Centre (AC) para el continente americano, en la sede de INPO; París Centre (PC), para Europa occidental; Moscú Centre (MC), para Europa del este, y Tokio Centre (TC), para Japón, quedando Londres como la sede de la oficina central. La primera reunión oficial de los representantes de las cuatro regiones tuvo lugar el 2 de diciembre de 1987 en Londres. El español Adolfo González de Ubieta asistió a ambas reuniones; en la segunda participó ya como presidente del Steering Committee para la creación del centro de París.

Un aspecto importante fue la adscripción a los centros. Indica el propio González de Ubieta que se dio gran libertad para asociarse a un centro u otro, teniendo en cuenta diversas razones, desde las políticas, hasta las geográficas o la facilidad para los desplazamientos. Así, la operadora de México se afilió al centro de Atlanta; las sudamericanas de Argentina y Brasil se adhirieron a París, así como la asiática de China, por su central Daya Bay, y la africana de África del Sur por la de Koeberg. En el caso de Finlandia, la eléctrica propietaria de Olkiluoto (de diseño occidental) se unió a París, y la de Loviisa (de suministro soviético) lo hizo al centro de Moscú.



Lord Marshall of Goring.

El primer centro WANO en constituirse fue el de París, el 17 de enero de 1989. Sirvió de modelo para la creación de WANO mundial, que se firmaría en Moscú, el 15 de mayo de ese mismo año. En ese encuentro de Moscú participaron los presidentes de las empresas miembro de todo el mundo y constituyó un evento de gran relevancia. De hecho, es recordado especialmente por los responsables españoles, ya que nuestro país aportó una delegación integrada por 40 personas, entre ellas los presidentes de las compañías eléctricas.

En la primera reunión que se celebró para la constitución de la oficina WANO PC, el representante de la central finlandesa Olkiluoto propuso que el presidente fuera el representante de España, por ser un país de un tamaño medio, a diferencia de Alemania o Francia, y con un sector nuclear muy reconocido internacionalmente, teniendo en cuenta además que Italia había desmantelado su sector nuclear. De esta forma, el

español González de Ubieta pasó a presidir el Comité de Dirección para la creación del centro de París, que se constituyó según la Ley francesa de asociaciones de 1901. En París se decidió crear los grupos técnicos que estudiarían los programas a llevar a cabo en la recién constituida organización. Lord Marshall of Goring aplicaría esta estructura de programas en las otras oficinas en el mundo.

Teniendo en cuenta la importancia de la industria nuclear en Francia, González de Ubieta propuso como vicepresidente a Rémy Carle, director general adjunto de EDF, quien sería elegido más tarde, en 1993, presidente del Consejo de Administración de WANO (registrada en Londres como asociación bajo la ley inglesa). Carle fue nombrado presidente de WANO por dos períodos consecutivos de dos años, hasta 1997, sucediendo al primer presidente, Lord Marshall (1989-1993), y antecediendo al estadounidense Zack Pate, que estuvo en el cargo durante cinco años.

La financiación de Europa: los programas TACIS y PHARE y la implicación de WANO

Utilizando como base la forma de trabajo de INPO, se analizaron las causas básicas del accidente de la central de Chernóbil. Más allá del funcionamiento de los equipos o del diseño, lo que quedó patente desde el principio es que no se produjo un accidente nuclear desde la perspectiva de fallo de la tecnología, sino un accidente que evidenció los límites y carencias organizativas del sistema soviético; en última instancia, falló la cultura de seguridad. Por ello, la idea inicial fue centrar los esfuerzos en analizar la forma de trabajo, el comportamiento de las personas, la cultura de seguridad, más que en el funcionamiento o la situación de los equipos de la central. También desde el primer momento se empezó a trabajar en las misiones de análisis por iguales, los *Peer Reviews*, siguiendo también la experiencia de INPO.

Sin embargo, para Lord Marshall era necesario analizar también el fallo de los equipos de las centrales tipo RBMK, el mismo modelo que Chernóbil, en funcionamiento en otros países de la región, así como las más numerosas centrales del tipo VVER, de agua a presión; de los tipos 440/230 (que se consideraba el modelo más problemático), 440/213 y 440/1000. Para ello, propuso la creación de un *Special Project*, una iniciativa en la que sólo estuvo interesada la oficina de París, que agrupaba a los europeos, por evidentes razones de cercanía con centrales realizadas con esos diseños. De esta forma, los centros de París y Moscú se unieron con el propósito de apoyar a las centrales de diseño soviético, creando el WANO PC-MC (París-Moscú) Advisory Committee, presidido por González de Ubieta, en el que participaban los ingenieros jefes de las centrales del Este y los ingenieros residentes europeos en esas centrales. Con esta participación comenzaron las reuniones técnicas entre las oficinas de París y Moscú y, a propuesta de Lord Marshall, González de Ubieta fue nombrado presidente del Special Project Steering Committee, que se ocuparía fundamentalmente de la revisión de los equipos de las centrales. Los *Peer Review* se convierten en el gran programa del conjunto de WANO, ya que los centros de Atlanta y Tokio no mostraron demasiado interés en el análisis de los equipos de diseño soviético, por el riesgo que ello suponía de diluir el esfuerzo en la realización de los programas que consideraban fundamentales de WANO relativos a la cultura de la seguridad.

En este escenario, la Comisión Europea explicitó su preocupación por la situación de las centrales de diseño soviético situadas en países como Bulgaria o Hungría, y en las de los propios países de la URSS. Así, en abril de 1990, en el cuarto aniversario del accidente de Chernóbil, los Comisarios de Energía y de Medioambiente de la Comisión Europea acordaron establecer un programa de cooperación dirigido a mejorar la seguridad de las centrales nucleares de la todavía Unión Soviética y de su área de influencia.

En el artículo de Adolfo González de Ubieta (1993), el autor indica que la idea inicial había sido propuesta por la Comisión de Energía del Parlamento Europeo; en respuesta a este planteamiento, los representantes del sector de generación eléctrica de las siete naciones de la Unión Europea con experiencia en el campo nuclear, entre ellos España, representada por UNESA, acordaron la creación de un grupo europeo de interés económico conocido como el Twinning Program Engineering Group (TPEG). El TPEG actuó como agente de la Comisión

Europea para la gestión técnica de los proyectos. De esta forma, la Comisión Europea preparó un Plan Maestro para coordinar las acciones diseñadas para dar soporte a las mejoras relacionadas con las centrales nucleares en la Unión Soviética y su área de influencia.

Tal y como expone González de Ubieta en el artículo referenciado (1993), en julio de 1991 la Cumbre Económica del G7 celebrada en Londres subrayó el problema de la seguridad nuclear en las centrales del Este, e hizo



González de Ubieta. Director del Área Nuclear de UNESA entre 1984 y 2001.

un llamamiento a la comunidad internacional para desarrollar una coordinación con respecto a las medidas bilaterales, especialmente aquellas promovidas por la Comisión Europea y sus Estados miembro, y por los Estados Unidos, Suecia y Finlandia. Poco tiempo después, la reunión del G7 de julio de 1992 puso el énfasis en los problemas de seguridad de las plantas de diseño soviético, y ofreció a los países afectados poner en marcha un programa de cooperación, incluyendo acciones inmediatas para incrementar la seguridad operacional, y acciones a largo plazo para la sustitución de las centrales de diseño RBMK y VVER 230, y la actualización de los diseños VVER 213 y VVER 1000. Además, se estableció el fondo conocido como Cuenta de Seguridad Nuclear (*Nuclear Safety Account*), financiado por el Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo (EBRD).

El convencimiento de la Unión Europea de la gravedad del accidente de Chernóbil y del riesgo de que ocurriera en otra central de diseño soviético, llevó al inicio de una de las etapas con mayor inversión en proyectos, gracias al conocimiento y análisis técnico de los miembros de WANO y a la financiación de la Unión Europea, a través de los programas TACIS -Technical Assistance to the CIS (Commonwealth of Independent

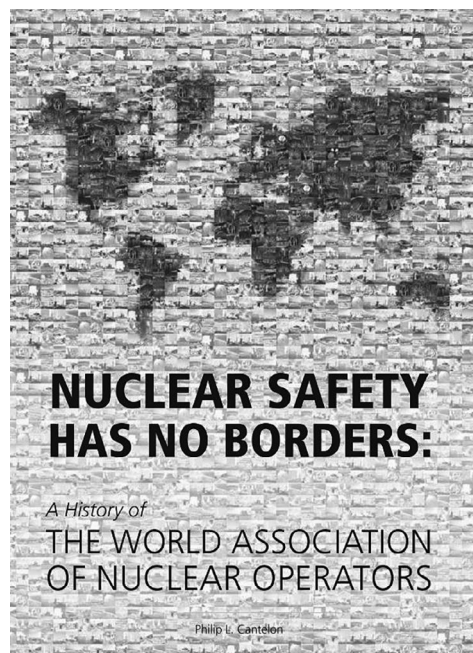
States) y PHARE (Poland and Hungary Assistance for Restructuring of the Economy), que se desarrollaron entre 1991 y 2006. Estos programas financiados por la CE aportaron una importante fuente de recursos económicos en todos los sectores, incluyendo el de la energía, y constituyeron una parte muy significativa del conjunto de programas incluidos en la estructura del G7 (González de Ubieta, 1993, p.6). Estas iniciativas fueron conocidas como “*A second Marshall Plan*” por su volumen, aunque tan sólo aportaban recursos económicos para la mejora de las centrales soviéticas. Así se recoge, aunque de manera muy breve y sucinta, en el libro dedicado al 25º aniversario de WANO, *Nuclear safety has no borders* (Cantelon, 2016)⁴⁸⁰.

En suma, las mejoras en los equipos de las centrales del Este, como nuevas salas de control, equipos de instrumentación y control, dotaciones de repuestos, entre otros, se llevaron a cabo bajo la coordinación de los centros de París y Moscú de WANO, con financiación de la Comisión Europea. La participación de

⁴⁸⁰ El libro editado por WANO con motivo de su 25º aniversario (Cantelon, 2016, nota 2) es una referencia muy completa y detallada para conocer los primeros pasos de WANO y su posterior evolución. Sin embargo, prácticamente no menciona los proyectos financiados por la UE para el apoyo a las centrales de la antigua URSS, un asunto que no pasa desapercibido para aquellos que dedicaron tiempo y recursos a programas que se consideran referentes en Europa, entre otros para González de Ubieta.

lo que podemos definir como la parte extra-europea de WANO, sus centros de Atlanta y Tokio, como indica González de Ubieta, se centró en los programas ya establecidos de intercambio de experiencia operativa (incluyendo la identificación de buenas prácticas), de análisis del funcionamiento (incluyendo los indicadores de funcionamiento) y de servicios técnicos de apoyo a los miembros (incluyendo el objetivo de aumento de la cultura de seguridad). Además, WANO, en su conjunto, dio un gran impulso, con la iniciativa del centro de Atlanta, muy ligado a INPO, al desarrollo del llamado a ser su programa estrella: los *Peer Review*, o Revisión por iguales.

Una de las fuentes informativas más relevantes se encuentra en las actas de las reuniones del WANO PC-MC Advisory Committee, que recogen todos los detalles técnicos relevantes para la mejora de las centrales de diseño soviético, como la vasija del reactor o la instrumentación de la sala de control, como recuerda González de Ubieta. Aquellas centrales contaban con una electrónica obsoleta desde el punto de vista occidental (un operador confesó que eran conscientes de que su instrumentación y control eran inferiores a los que tenían los submarinos nucleares de la Marina Militar). El propio Lord Marshall reconocía en una reunión del Governing Board de WANO que “ahí, en esas actas, está todo”, lo que condujo a que propusiera fusionar el Special Project Steering Committee con el WANO PC-MC Advisory Committee, es decir, pasar de una entidad sólo de WANO (el *Special Project*) al WANO PC-MC, que trabajaba en estrecho contacto con las ingenierías de las eléctricas europeas occidentales, el TPEG, y con la Comisión Europea, a efectos de acceder a la financiación de los proyectos de mejora de las centrales de diseño soviético a través de los programas TACIS y PHARE. La propuesta de Lord Marshall fue aceptada por el Governing Board de WANO.



La participación española en los proyectos

Desde el punto de vista estratégico, el interés de las empresas eléctricas de todo el mundo se centraba, como se ha indicado, en que no se repitiera un accidente como el de Chernóbil, ya que tendría consecuencias irreversibles para la energía nuclear. Por lo tanto, cualquier contribución para prevenir esta situación se consideraba una medida de protección a los negocios nucleares de todos los países. Por otro lado, el previsible cierre de centrales nucleares situadas en los países del Este iba a implicar la necesidad de proporcionar un suministro alternativo desde los centroeuropeos, lo que comprometería el suministro intracomunitario.

La participación del sector eléctrico español mantenía también esa posición estratégica (González de Ubieta, 1993). Desde el punto de vista estratégico, el sector español tenía, igualmente, un notable interés por mantener y mejorar la tecnología y las capacidades que se habían acumulado gracias al programa de construcción de centrales nucleares previsto, en el que se habían llegado a aprobar quince grupos nucleares, de los que se llegaron a poner en operación diez, alcanzado, no obstante, hitos de construcción importante en otros cuatro, con un total de 12.000 MWe de potencia, todo ello a lo largo de un periodo de más de veinte años.

UNESA estuvo implicada desde sus inicios en el desarrollo, organización y puesta en marcha, dentro de la estructura del Twinning Program Engineering Group (TPEG), de los programas TACIS y PHARE. Destacó la colaboración en la preparación de TACIS-91, donde se aportaron expertos de UNESA, así como apoyo técnico por parte de las empresas de ingeniería españolas en el diseño de las especificaciones técnicas del proyecto. De hecho, un consorcio formado por Bélgica, España y Reino Unido, en el cual IBERATOM (consorcio de empresas españolas integrado por Empresarios Agrupados, Equipos Nucleares y Tecnatom) participaba con el 45 %, correspondiendo a España un tercio de las acciones, el equivalente al 15 % del total del programa. Asimismo, UNESA coadyuvó al diseño de las especificaciones para el programa TACIS-92, teniendo asignados los proyectos para la central nuclear de Ucrania del Sur (*South Ukraine Plan*), con el apoyo de la belga Tractebel, en recíproco intercambio con el respaldo brindado por UNESA en relación con la central rusa de Kalinin.

Indica también González de Ubieta que, dentro de la estructura de WANO, expertos de UNESA juntamente con las empresas de ingeniería españolas participaron en el diseño del programa de reacondicionamiento de las centrales de diseño soviético VVER 230, programa que sirvió de base a los siguientes planes de la CE relacionados con las unidades VVER 230 y las VVER 213 y VVER 1000. También fue relevante la colaboración con la central de Kozloduy y el apoyo in situ de los equipos de la AMYS (Asociación para la Medicina y la Seguridad laboral de UNESA) para los programas de protección radiológica en Kozloduy.

La DTN (Agrupación Eléctrica Española para el Desarrollo Tecnológico Nuclear)

Los primeros proyectos desarrollados dentro de la estructura WANO y la financiación de la UE se coordinaron a través de UNESA, la cual encargaba a las ingenierías españolas Empresarios Agrupados y Tecnatom su desarrollo. Otros países europeos, sin embargo, habían constituido empresas específicas para gestionar los proyectos de apoyo a las centrales soviéticas. En esta línea, las empresas eléctricas españolas con intereses en el sector nuclear, Iberdrola, Endesa, Fuerzas Eléctricas de Cataluña (FECSA), Unión Eléctrica Fenosa, Compañía Sevillana de Electricidad e Hidroeléctrica del Cantábrico, promovieron la creación de la Agrupación Eléctrica para el Desarrollo Tecnológico Nuclear, AIE, cuya constitución se produjo el 26 de septiembre de 1994, bajo los auspicios de Javier de Pinedo, director de Generación de la eléctrica española Iberdrola⁴⁸¹.

El propósito de la DTN (Acero García, 1995) era promover y gestionar el desarrollo tecnológico nuclear, integrando los esfuerzos del sector eléctrico y la industria, asegurando la presencia del conjunto del sector en todas las iniciativas que se consideraran estratégicas. De esta forma, las actividades de la DTN se centraron en: centrales nucleares avanzadas, I+D, fusión nuclear, y soporte tecnológico. En este último punto se enmarcaban las acciones dirigidas a dar respaldo a la seguridad y la operación eficiente de las centrales nucleares del Este de Europa. En lo referente a la seguridad nuclear, estos programas se consideraban los más importantes en el mundo, según Acero García (1995), y cubrían, específicamente, estudios del diseño para la mejora de las centrales menos seguras (principalmente las VVER 230 y los reactores RBMK), la asistencia a las autoridades reguladoras y la asistencia in-situ a diez emplazamientos (seis en Rusia, tres en Ucrania y uno en Bulgaria), desarrollando proyectos relacionados con la seguridad operacional. Cabe señalar en este sentido que DTN era un miembro activo del TPEG, participando en su organización interna y asumiendo la dirección de su junta de gobierno en 1995, así como en la secretaría técnica o la dirección administrativa en algunos de los proyectos, y aportando expertos a los programas PHARE y TACIS.

⁴⁸¹ El primer director de la DTN fue Manuel Acero, quien había ocupado diversos cargos en el sector, como director de construcción y puesta en marcha de la central nuclear de Cofrentes, además de la presidencia de la Sociedad Nuclear Española.

La participación española fue especialmente intensa en el programa TACIS en Ucrania, tanto aportando expertos, que mantuvieron un trabajo de largo plazo en la central nuclear de Ucrania del Sur (South Ukraine NPP), como cubriendo los aspectos relacionados con la mejora de la cultura de seguridad, transfiriendo buenas prácticas occidentales en el uso de los procedimientos de operación, mantenimiento y entrenamiento, y mejorando la seguridad de los equipos, bien apoyando la reparación, bien con la compra de nuevos dispositivos (Acero García, 1995). Entre 1992 y 1996 se dedicó un presupuesto de dieciséis millones de euros en actividades desarrolladas en esta planta, como identificación de proyectos técnicos y asistencia, apoyo al personal en el programa de garantía de calidad, intercambio de experiencias en gestión o prácticas operacionales en centrales nucleares españolas, coordinación con otros programas locales e internacionales, desarrollo de proyectos específicos (Sierra, 1997).

Otro proyecto liderado por DTN fue la asistencia in situ a la central de Khmelnytsky (KhNPP), para la mejora de la seguridad operacional de la planta, con un presupuesto de dos millones de euros. También, como un contrato PHARE, DTN aportó expertos para implantar el programa de seguridad nuclear para la central búlgara de Kozloduy (Sierra, 1997), así como para el análisis de la fragilización de la vasija de la unidad número 1 de esa central. Además, como se ha indicado anteriormente, DTN participó en el programa TACIS de asistencia en planta en la central de Kalinin, en la Federación Rusa, liderado por Tractebel, aportando expertos en diversas áreas de diagnóstico y monitorización de equipos.

Otra línea de actividad era la asistencia de visitas cortas de expertos para analizar aspectos concretos y hacer recomendaciones que podía dar como resultado la identificación de nuevos proyectos. De hecho, se dedicó un presupuesto de seis millones de euros a una serie de proyectos entre 1995 y 1996, sobre inspección en servicio de la vasija del reactor, control automático de las tuberías del circuito primario, control del nivel de agua del generador de vapor, y programas de mantenimiento, inspección de erosión-corrosión o diagnóstico del equipamiento eléctrico (Sierra, 1997). Para estos programas, DTN colaboraba con otras empresas europeas como Tractebel (Bélgica), ENEL (Italia) y GKN (Países Bajos).

3.1.3. Experiencias INPO-WANO. Un ejercicio de transparencia

El primer ingeniero residente del sector eléctrico español, desplazado a las oficinas de INPO en Atlanta, fue Manuel Ibáñez, desde 1990 hasta 1992. Esa experiencia resultó fundamental cuando fue nombrado responsable de asistencia técnica in situ del programa TACIS de la Unión Europea para la central nuclear de Ucrania del Sur, siendo también el contacto técnico con INPO y el WANO Interface Officer (WIO) con el centro de París de WANO. La presencia de profesionales españoles en las actividades de INPO y WANO ha sido permanente. María José Esteban, José Manuel Ruiz y Alberto Martínez, los tres procedentes de Tecnatom, fueron algunos de los que gestionaban los datos recibidos de todas las centrales nucleares del mundo a través de las dos instituciones internacionales. Una afirmación en la que coinciden todos ellos es que el intercambio de información sobre la operación entre todas las centrales del mundo ha favorecido la emulación entre las plantas. La comunicación entre los operadores alcanzó y alcanza todos los procesos de la central, y se plasma en programas de intercambio de experiencias operativas, procesos de trabajo, indicadores de explotación, contactos directos entre el personal a través de seminarios y visitas de intercambio, y documentación (Ibáñez et al., 1996).

De acuerdo con la carta fundacional de WANO, todas las centrales miembro comunican voluntariamente los informes de sucesos ocurridos que puedan aportar lecciones a otras centrales, incluyendo la descripción

detallada del suceso, el diseño de la planta, las causas raíz, los factores contribuyentes y las acciones implantadas. Esta información facilita a otras centrales el estudio de aplicabilidad y ayuda a implantar acciones correctoras encauzadas a evitar que se produzca un suceso similar.

Por su parte, INPO selecciona los sucesos más significativos de experiencia operativa a partir de los informes que recibe de las centrales nucleares de los Estados Unidos y de los participantes en su programa internacional, elaborando informes de experiencia operativa y de sucesos significativos. Cualquier central nuclear puede remitir una pregunta abierta a todas las del mundo sobre procesos de trabajo, problemas específicos de estos o de los equipos de la planta. Un intercambio que se aplica a todas las actividades de la planta, desde organización a emergencias, seguridad, mantenimiento, recargas o protección radiológica. Las centrales del mundo responden a estas preguntas aportando sus prácticas de trabajo.

En el ámbito de la colaboración internacional, INPO, WANO y UNIPED (International Union of Producers and Distributors of Electrical Energy) acordaron la utilización de diez indicadores de explotación, desde el factor de disponibilidad al volumen de residuos radiactivos o el índice de accidentes laborales. Todas las centrales del mundo aportan los datos para la elaboración de estos indicadores, permitiendo la comparación de la central propia con las medianas de las centrales de otros países o con todas las miembros de WANO.

Peer Review

La principal característica de WANO es su independencia. Sus miembros son todas las centrales nucleares del mundo, que se adhieren de manera voluntaria para compartir experiencias y conocimientos. No tiene conexiones con organismos gubernamentales, ni con autoridades reguladoras. Además, no es un regulador interno ni un organismo de promoción de la industria (Revuelta, 2003). Su único cliente son sus miembros, y el carácter confidencial de sus informes es fundamental para generar plena confianza en sus actuaciones.

Uno de los principales programas llevados a cabo por WANO son las revisiones por iguales, o *Peer Review*. El objetivo es ayudar a sus miembros a comparar el funcionamiento de sus centrales con las mejores prácticas internacionales, mediante una revisión rigurosa y objetiva de sus operaciones, realizada por un equipo independiente formado por homólogos del personal de la central revisada provenientes de otras plantas. El prestigio de las *Peer Reviews* es indiscutible entre los más altos ejecutivos de las empresas eléctricas, como la herramienta de revisión externa más eficaz para optimizar la seguridad y fiabilidad de las centrales. De hecho, es una de las variables que el pool asegurador considera fundamental en sus inspecciones periódicas.

Una de las características destacables de los *Peer Reviews* es su carácter privado, siendo la comparación con los mejores y la emulación el motor de la mejora de las centrales, una actividad que va más allá del mero intercambio de información. Las misiones *Peer Review* son solicitadas por la central, a la que acude un equipo de profesionales de otras centrales que trabajan en las distintas áreas de explotación, que revisa dichas áreas en la central anfitriona. Aunque es una actividad voluntaria, todas las centrales la solicitan, porque es la forma de conocer las posibilidades de mejora, en un entorno de absoluta confianza. La detección de esas posibles mejoras es comunicada exclusivamente a la central anfitriona, y pasa a formar parte, de manera anónima, de las experiencias del conjunto. Además, la detección de buenas prácticas es comunicada a todas las centrales miembro, para su conocimiento y aprendizaje.

Diez años después de Chernóbil

En enero de 1995, Pablo Blanc, subdirector de Gestión y Control de la Energía de Unión Fenosa, fue nombrado director adjunto del Centro WANO en París. La situación diez años después era muy diferente (Blanc, 1996). En ese tiempo, los operadores de todo el mundo habían realizado un importante esfuerzo para mejorar la operación de sus propias centrales y ayudar a mejorar a las que presentaban más debilidades. La incorporación a WANO de todas las centrales de los países de la Europa del Este fue un paso relevante, superando el aislamiento y mejorando la comunicación y el intercambio de experiencias. Además, el contacto mutuo entre todas las centrales del mundo aumentó su cultura de la seguridad, logrando así la disminución del número de sucesos notificados, así como una clara tendencia de mejora de los indicadores de funcionamiento, lo que también tiene un impacto positivo en la fiabilidad de las centrales y en su economía. Al respecto, resulta de especial interés recuperar declaraciones de tres representantes de la industria, realizadas en mayo de 1995, a *Nuclear España*. Son Rémy Carle, presidente del Consejo de Administración de WANO; Oleg Saraev, presidente del Centro WANO de Moscú, y Vladimir Fuks, director general de la central de Ucrania del Sur (Pelegrí, 1995)⁴⁸².

Para Oleg Saraev, si bien las iniciativas de mejora eran importantes, pedía que se realizaran con un mayor alcance y en plazos más cortos. Además, esta ayuda exterior, en su opinión, sólo satisface un porcentaje muy pequeño de todo lo que hay que hacer, en el marco de una situación económica muy difícil. En cuanto a la colaboración española, reconoció una buena base científica y tecnológica, confirmada por los buenos resultados de las centrales nucleares españolas, lo que es importante para el establecimiento de una futura colaboración.

Aunque no se planteó la colaboración de WANO con su central, la entrevista a Vladimir Fuks dejó afirmaciones interesantes, como que no se iba a cerrar Chernóbil: “Si paramos Chernóbil, se exigirá el cierre de las centrales semejantes en Rusia y Lituania”. Afirmó también que, debido a su nivel técnico, la energía nuclear soviética no requiere ninguna clase de recomendaciones; sin embargo, con la desintegración de la Unión Soviética y la consiguiente reducción de la producción nuclear militar, se enfrentan a ciertas dificultades en la solución de una serie de problemas técnicos y, sin duda, la ampliación de la comunicación siempre tiene un aspecto positivo y se puede sacar provecho de los contactos, con la posibilidad del intercambio de tecnología.

Rémy Carle en España

El sucesor de Lord Marshall fue Rémy Carle, elegido *Chairman* de WANO en la *Biennial General Meeting* celebrada en abril de 1993, en Tokio. Pocos meses después, en junio, asistió a la reunión del Club Español de la Energía, en Santiago de Compostela. Un año más tarde, Carle participó en la reunión internacional sobre experiencias operativas de las centrales nucleares españolas, celebrada en Madrid en marzo de 1995, organizada por la SNE.

Carle definió a España como un buen miembro de WANO, con centrales que proporcionan informes e indicadores de rendimiento y participación en los programas de intercambio internacional, destacando la asistencia a los países del Este de Europa (Pelegrí, 1995). Sin embargo, reconoció que los españoles son tímidos a la hora de defender la energía nuclear, en un país con un Gobierno que definió una moratoria y la congelación de nuevas inversiones. En su opinión, y desde una perspectiva internacional, se mostró crítico con la política de escasa comunicación del sector, a pesar de los buenos resultados de las centrales nucleares españolas y de

⁴⁸² La Jornada dedicada a las experiencias operativas de las centrales nucleares españolas ha superado las 40 ediciones. La celebrada en 1995 contó con directivos de WANO de distintos países. Resulta interesante poder recuperar, precisamente en este momento, las declaraciones de profesionales de Rusia y de Ucrania.



Inauguración de la primera jornada de Experiencias Operativas, organizada por la SNE en 1995. En la inauguración participó Remy Carle, con José Luis González (presidente de la SNE entre 1995 y 1997, y presidente de ENUSA entre 1997 y 2018) y Pedro Rivero, presidente de UNESA. Fuente: SNE.

su aportación al suministro eléctrico del país. Esa misma situación, recordó, se extendía a NUCNET, la organización que recoge las noticias de las centrales nucleares de todo el mundo, a la que nuestro país no aportaba muchas noticias, “ni siquiera las buenas”, una postura que no es conveniente a largo plazo, porque influye en el desconocimiento que tiene la sociedad de la aportación de la energía nuclear.

El inicio del siglo XXI

La participación de profesionales españoles en los cargos directivos de WANO ha sido una constante desde su creación en 1989. En 2001, Ramón Revuelta es designado director adjunto del Centro París de WANO (cuyo director, John Moares, era casi español, nieto de españoles y gran amante de España), cargo que ocupa hasta 2006, manteniendo posteriormente su actividad en misiones en centrales nucleares por el mundo desde el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Con esta experiencia, Revuelta afirma que WANO es el instrumento número uno para la mejora continua de la seguridad y la operabilidad, del buen funcionamiento de las centrales y su rentabilidad, basándose en la emulación entre las centrales, más allá del cumplimiento de leyes y regulaciones.

Uno de los cambios más significativos que se produjo en ese periodo fue la apertura del acceso directo a la web de WANO de todos y cada uno de los empleados de todos los miembros, lo que implicó instalar la web en todas las intranets. Desde entonces, todos los profesionales de las centrales pueden consultar todos los documentos, guías, informes, resúmenes de talleres, seminarios, etc., sin que sea necesario pasar por un

punto u organización intermedio. El primer centro en implantarlo fue París, y posteriormente se extendió a los otros centros de la organización.

También en aquellos años se incrementó la exigencia en la responsabilidad, no como medida de penalización sino como la base de cumplimiento que deben asumir los miembros de un club para con los otros miembros. Las juntas de Gobierno iniciaron un proceso de elaboración de resúmenes en los que incidían en el cumplimiento insuficiente de las recomendaciones, ante lo que el director del Centro tenía que asumir las críticas, porque uno de sus cometidos es lograr que las centrales asuman las líneas de mejora indicadas en los *Peer Review*.

Por primera vez, en los inicios de la década de los años 2000, WANO se abrió a admitir a las centrales en construcción, no como miembros de pleno derecho sino como prospectivos. Se iniciaron así los *Peer Review* preoperacionales, y por otra parte, se dio entrada, por ejemplo, a la compañía de rompehielos rusa, las instalaciones de reprocesamiento y las centrales en desmantelamiento. También se amplió el escenario de las *Peer Review*, pasando a realizarse las Revisiones Corporativas, dedicadas al funcionamiento del apoyo de toda la superestructura de la empresa a la operación de sus centrales nucleares, en lugar del funcionamiento de una sola planta. Dos altos directivos españoles participaron en las dos primeras *Corporate Peer Reviews*.

El 11S. Un punto de inflexión

La etapa como director adjunto del centro de París de Ramón Revuelta coincidió con los atentados del 11 de septiembre de 2001 contra las Torres Gemelas, en Nueva York, incidente que también tuvo consecuencias en la estructura de WANO. De hecho, el centro de Atlanta tomó el control, bajo la dirección del almirante Zack Pate, muy estricto en sus exigencias, como recuerda Revuelta. Pate, que era el *Chairman* de WANO, el cargo más alto de la organización, creó la figura del *Chief Executive Officer* CEO norteamericano, con sede en Londres. El objetivo era realinear la organización, para lo cual se mantenían reuniones entre el CEO y los directores de los cuatro centros. Formalmente INPO era un miembro del centro de Atlanta, pero en la práctica era el que dirigía, de donde surgían las propuestas y el pensamiento crítico y, en su opinión, no podía ser de otra forma. Sin embargo, el centro de París seguía teniendo un peso importante, era el preponderante después de Atlanta. De hecho, Moscú y Tokio solicitaban la presencia del Centro París en sus *Peer Review*, talleres y actividades.

En cuanto a la representación española, en aquellos años y posteriormente ha sido mayor en cargos directivos que el peso del conjunto del país. Ese papel claramente relevante se debe, en opinión de Revuelta, a los buenos indicadores de las centrales nucleares españolas, ya que todas se situaban en el top cuartil (el 25 % integrado por las mejores), y algunas en el Top10. Además, España era respetada por la buena actitud de los operadores para participar en las actividades de WANO y en utilizar a la organización para buscar puntos de mejora.

Un director español y Fukushima

En 2006 fue elegido director del Centro París de WANO Ignacio Araluce, cuya experiencia como director de la central nuclear de Almaraz, de la DTN y del proyecto de soporte a la central de Bohunice, en Eslovaquia, era una excelente carta de presentación. Araluce estuvo al frente del PC hasta 2016, un periodo de tiempo en el que se mantuvieron los fundamentos de la organización: su presupuesto es aportado por los miembros, que son los únicos que toman decisiones. Eso garantiza su independencia (Pelegrí, 2013).

El mandato de Araluce en WANO PC coincidió con el tsunami sufrido por Japón, que originó el accidente en la central de Fukushima Daiichi. Desde el primer momento se solicitó a WANO que tomara parte en las discusiones sobre las pruebas de estrés que se implantaron como consecuencia del accidente. Es de destacar que los operadores de las centrales se mostraron interesados en conocer todo lo sucedido en la central. Además del apoyo brindado por WANO a los organismos reguladores para preparar las pruebas de estrés, la organización reaccionó rápidamente, de manera que incluso antes de que el accidente se hiciera público ya había elaborado un informe con recomendaciones para ser implantadas en todas las centrales del mundo. Aún más, incluso antes de que se conocieran en detalle las consecuencias del accidente, WANO fue capaz de sugerir lecciones aprendidas. A raíz de este suceso se constituyó un Comité para analizar su influencia en los programas y las estrategias de la organización. Durante más de un año, el Comité trabajó en un documento que presentó a la reunión bienal celebrada en la ciudad china de Shenzhen, con recomendaciones al Comité de directores que fueron sometidas a la aprobación de la Asamblea General.



Ignacio Araluce. Director de WANO Paris Centre, director de CN Almaraz y presidente de Foro Nuclear.

En esos acuerdos se decidió aumentar la estructura de WANO para 2016. Por ejemplo, el centro de París contaba, en 2010, con 29 ingenieros, además de administrativos y otras categorías profesionales. Dos años después tenía 94 ingenieros, cifra que se incrementó hasta los 145 en 2016, siendo en la actualidad 165. Otra de las recomendaciones de la Junta de Directores, realizada durante la reunión celebrada en Shenzhen, fue que la asociación avanzara en un proceso de evaluación, similar al llevado a cabo por INPO en Estados Unidos, como complemento a los *Peer Review* y que concluye con la calificación de las centrales. De esta forma, todas las centrales del mundo son clasificadas en 4 o 5 niveles, una clasificación interna de WANO y que no se hace pública, porque el objetivo sigue siendo intercambiar información entre los operadores para mejorar la operación de la central. Con esta clasificación, que se puso en marcha en 2015, se pretende identificar las unidades que necesitan más ayuda, priorizando las actividades de apoyo a aquellas que más lo necesitan, y que es lo que está haciendo INPO en Estados Unidos, de manera que, siendo dos organizaciones que trabajan de manera

conjunta, es importante que los criterios sean similares.

Otro de los aspectos en los que se incidió fue el papel del gobierno corporativo en el desarrollo del accidente, lo que llevó a fijar la atención en las sedes de las compañías, donde desde entonces también se realizan misiones *Peer Review* entre organizaciones. Además, se evidenció que, además del comportamiento humano, también es fundamental el diseño de las instalaciones. En consecuencia, se implantaron las revisiones informadas por el diseño (*Design Informed Reviews*) para identificar los puntos que requieren atención por parte de los operadores y, en general, los trabajadores de la instalación.

Y después llegó la COVID-19

En enero de 2020, la dirección general del Centro WANO de París fue asumida por el español Luis Soriano, experto conocedor de las centrales de tecnología alemana KWU, y director de Servicios Técnicos de Centrales Nucleares Almaraz-Trillo desde 2013 hasta su nombramiento en WANO. Soriano sucedió a Ingemar Engqvist, profesional sueco que fue elegido para ocupar la posición de CEO de WANO mundial y que, a su vez, había sucedido a Ignacio Araluce en el centro de París.

Pocas semanas después de su nombramiento, Soriano afrontó una circunstancia no vivida ni imaginada por esta generación: la pandemia originada por la COVID-19. De hecho, en el primer trimestre de 2020 estaban previstas tres *Peer Review* a la vez, antes del inicio de las recargas de las centrales. Con un trabajo intenso y coordinado se logró finalizar las tres revisiones justo antes del confinamiento, reprogramando otras entre 2020 y 2021⁴⁸³. Por otra parte, muchas de las actividades se realizaron en remoto, como las reuniones anuales con los miembros o la formación. En cuanto a retomar la actividad presencial, el primer centro en hacerlo fue Atlanta, en julio, mientras que a mediados de agosto empezaron Tokio y Moscú, y París a principios de septiembre.

Un aspecto importante era decidir qué papel asumiría WANO con relación a las recargas previstas en las centrales. Soriano propuso al director de la Junta de Gobernadores la necesidad de apoyar a las plantas, sirviendo de foro de encuentro y de intercambio de experiencias. De esta forma, desde el inicio del confinamiento en marzo, hasta finales de mayo de 2020, Luis Soriano y su equipo mantuvieron reuniones semanales con todos los directivos de las 21 compañías, que representaban a las 143 instalaciones. Este intercambio permitió, por ejemplo, que centrales que habían previsto retrasar la recarga decidieran continuar con el calendario inicialmente previsto al conocer la buena experiencia de otras plantas, que sí habían llevado a cabo sus recargas, gestionando las limitaciones impuestas por la pandemia, pero en un entorno y un sector acostumbrado a las medidas de seguridad y de prevención de la contaminación desde sus inicios.

Como acciones relevantes de esos meses destaca la elaboración, en tiempo récord, de una guía de buenas prácticas, así como la creación de un foro de médicos, en el que participaban todas las centrales del mundo y que permitió compartir experiencias, por ejemplo, acerca de



Luis Soriano. Director de WANO Paris Centre.

⁴⁸³ La entrevista a Luis Soriano fue una de las primeras realizadas a través de una plataforma *online*. Resulta interesante conocer cómo lograron las centrales nucleares llevar a cabo las paradas para la recarga de combustible y mantenimiento en una situación desconocida como el confinamiento. Lo indica Luis Soriano en la entrevista realizada por Pelegrí (2020).

los equipos de protección que eran adecuados o si estaban en las condiciones de mercado, en un momento de gran demanda. La gestión de esta crisis, unificando las actividades y poniendo en sintonía a las 439 centrales nucleares del mundo, sirvió, en palabras de Luis Soriano, para demostrar el valor de WANO y que estar juntos es fundamental, sobre todo en momentos de crisis.

Más allá de la pandemia, WANO se ha planteado evolucionar hacia la supervisión *online*, con el objetivo de anticipar un posible declive en la calidad de aspectos operativos y darles una solución a la mayor brevedad⁴⁸⁴. En cuanto a los *Peer Review* realizados en las centrales españolas, los resultados se consideran muy buenos, y son un referente para muchas plantas en el mundo. Luis Soriano ha sido relevado en enero de 2024 por Satu Kristiina Katajala, quien ocupaba hasta su incorporación el cargo de vicepresidenta de Cooperación Internacional de la central finlandesa de Loviisa.

Un nuevo paso en la representación española

En junio de 2020 José Antonio Gago era elegido presidente de la Junta de Gobierno de WANO París, un cargo compatible con su responsabilidad como director general de la Asociación Nuclear Ascó-Vandellós II, ANAV.

El proceso de elección de los presidentes de los centros regionales es explicado claramente por José Antonio Gago (Godall, 2020). Cada uno de los cuatro centros regionales de WANO elige por rotación entre sus miembros a un presidente que, de forma automática, pasa a formar parte de la Junta de Gobierno



José Antonio Gago, director general de ANAV (2012-2022), presidente de WANO París Centre (2020-2023) y presidente de la SNE (2017-2019).

de WANO mundial, junto con otros dos gobernadores del centro: el representante de la empresa con mayor número de centrales, y otro elegido entre sus miembros. En el caso del centro de París, estos representantes fueron, en 2020, Cecil Lewandowski, de EDF, y Gao Ligang, de la CGN china. Los presidentes de los centros regionales presiden las reuniones de las Juntas de Gobierno del propio centro, así como la Asamblea General anual. Asimismo, representan a su centro en las reuniones de la Junta de Gobierno de WANO mundial, y forman parte de los Comités de presupuesto y de estrategia, con sus colegas de los otros centros regionales.

En cuanto al proceso de elección, todos los miembros de WANO nombran un representante de su organización para formar parte de la Junta de Gobierno del centro regional al que están adscritos. Estos representantes, habitualmente directores generales de las compañías, son denominados *governors* o gobernadores. Son estos, integrantes de la Junta de Gobierno de cada centro regional, quienes eligen por votación entre sus miembros al presidente, como ocurrió en el caso de José Antonio Gago, por

⁴⁸⁴ Esta nueva orientación de WANO se refleja en la iniciativa "*Actions for Excellence*", que cuenta con objetivos claros para la década 2020-2030.

un periodo de dos años, que finalizó en octubre de 2022. Los presidentes de los centros regionales, además de la comunicación con el propio centro y con el resto de los gobernadores, también interactúan con el presidente y el CEO de WANO mundial en la coordinación de actividades y programas que se lleva a cabo desde la oficina central de Londres.

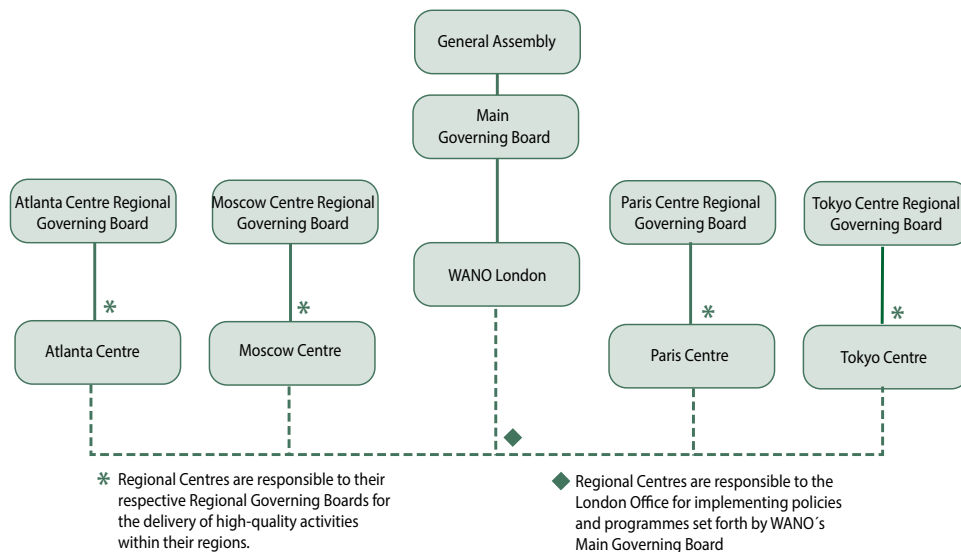
El encuentro entre todos los miembros de WANO se celebra cada dos años, el BGM (*Biennial General Meeting*), y los presidentes tienen aquí un papel relevante. La organización del BGM recae de manera rotativa entre los cuatro centros regionales. Así, los últimos BGM se han celebrado en Londres en 2019, con EDF Energy como empresa anfitriona representando al centro de París, y en Praga en octubre de 2022, siendo anfitriona la empresa checa CEZ elegida por el centro de Moscú.

3.1.4. Una nueva crisis

Superadas casi totalmente las dificultades originadas por la COVID-19, el mundo se enfrenta en febrero de 2022 a otra crisis mundial: la invasión de Ucrania por parte de Rusia, en un conflicto que se prolonga en el tiempo. En ese escenario, Ucrania solicitó el cambio desde el centro de Moscú al de París, decisión que debió tomar de manera muy rápida la Junta de Gobierno mundial, como recuerda José Antonio Gago. En este momento, Ucrania se encuentra adscrita, de manera temporal, al centro de París. A raíz de la situación planteada se hace necesaria una revisión de la política de afiliación, ya que han llegado peticiones de cambio de otros miembros europeos con centrales de diseño ruso adscritas al centro de Moscú. La solución puede ser una adscripción temporal, y que estas centrales puedan contar con el apoyo de profesionales de otros centros para hacer los *Peer Review*, debido a las limitaciones y restricciones de movilidad de muchos profesionales.

En cualquier caso, la política de afiliación debe ser clara, y no depender de situaciones coyunturales como la actual. Es una decisión que debe tomarse a nivel mundial con la doble intención de que se pueda ejecutar la misión de WANO con independencia de situaciones políticas concretas y con la de no dejar a ningún miembro aislado y mantener la unidad de WANO.

Otro tema de actualidad es la futura creación de un quinto centro regional para dar servicio a la creciente construcción de centrales nucleares en el continente asiático, particularmente en China. A tal efecto se tomó la decisión de crear una oficina de WANO en Shanghai, embrión de este futuro nuevo centro regional. De acuerdo con la hoja de ruta diseñada, en octubre de 2022 este centro, tutelado desde la oficina de Londres, disponía ya de los recursos humanos y económicos necesarios proporcionados fundamentalmente por las cuatro empresas chinas con activos nucleares, por lo que se aprobó su conversión en un centro de soporte. Este centro, en cuyo comité directivo internacional (*Steering Committee*) participa José Antonio Gago, sigue adscrito a la oficina de Londres y, eventualmente, en unos dos años se votará en asamblea mundial si se convierte en el quinto centro regional de WANO. Un aspecto crítico que se deberá abordar en estos próximos años será el de la redistribución de miembros entre los distintos centros para que sean realmente internacionales.



3.1.5. Hacia la estrategia 2023-2030

WANO ha dado a conocer el documento estratégico *Unity towards nuclear excellence. 2023 to 2030 and beyond*, en el que se hace un recorrido breve por los cambios estratégicos puestos en marcha en los últimos quince años (WANO, 2023).

El encuentro bienal general (BGM) celebrado en 2017 aprobó la estrategia *Compass 2018-2022*, poniendo el foco en más apoyo para la mejora de la seguridad y la fiabilidad. Se creó el concepto *One WANO* para los nuevos miembros y las nuevas unidades.

En 2019 los CEO reconocieron la necesidad de cambiar la estructura de programas, aprobando en el BGM de 2019 el documento *Action for Excellence: Shaping the Nuclear Future*, la base de un nuevo documento estratégico. Esta estrategia está enfocada a tres áreas clave: mejorar el funcionamiento de la industria, transformar WANO e influir en la evolución de la energía nuclear en el mundo.

A pesar del progreso en las tres últimas décadas, reconoce WANO (2023) que la diferencia que separa el funcionamiento de las centrales se mantiene, y que aquellas que tienen una operación menos excelente representan riesgos para la industria nuclear y su futuro en las próximas décadas.

El documento estratégico expone los cambios que está experimentando el sector, con unidades que serán cerradas, mientras que otras mantienen planes de operación a largo plazo y muchos países han decidido incrementar el uso de la energía nuclear. También es un elemento diferencial la entrada en el mercado de los *Small Modular Reactors (SMR)* y otras tecnologías. Este nuevo escenario conllevará cambios en el modelo de organización de WANO, cambios de mentalidad y de foco, buscando el equilibrio entre las necesidades de la industria y de las plantas de manera individual. Con estos objetivos, se propone el mantenimiento de los *Peer Review* como un servicio esencial de WANO, y la potenciación de elementos como el monitoreo del

funcionamiento, el apoyo en formación y desarrollo, el diagnóstico de las organizaciones, el desarrollo del liderazgo y la colaboración entre los miembros.

En relación con las nuevas unidades y nuevos actores, WANO es consciente de que la industria se encuentra en un momento de cambio. Se están construyendo nuevas unidades en países que ya cuentan con energía nuclear, pero también se plantea el reto de supervisar y garantizar el buen funcionamiento de las que se construyen en países sin experiencia en este sector. Todo ello requerirá de una adaptación de los procesos de la organización para acoger a un número creciente de nuevos miembros.

Se deberán definir estándares para los operadores de nuevas tecnologías como los SMR o los reactores avanzados, revisando los actualmente existentes, y definiendo una estructura de membresía que acoja a los nuevos operadores y a las nuevas tecnologías.

Otra de las áreas de análisis en este documento estratégico es la integrada por los planes de operación a largo plazo que ponen en marcha muchas centrales, y también los procesos de clausura y desmantelamiento, originados por decisiones económicas, técnicas o políticas.

Finalmente, el documento define los compromisos que, de manera colectiva, debe asumir la industria nuclear para alcanzar los objetivos 2030.

La información referente a organizaciones internacionales del mundo nuclear, como INPO y WANO, está muy relacionada con la actualidad geoestratégica mundial. Es posible que después del cierre de textos de este libro se produzcan cambios en sus estructuras. En cualquier caso, es innegable la influencia actual de INPO, que abandonó su programa de participación internacional para centrarse en la industria norteamericana, y su influencia para conceder un liderazgo claro al centro de Atlanta de WANO. Sin duda, las centrales nucleares españolas han contado a lo largo de los años con unos resultados muy destacados, como queda reflejado en multitud de informes internacionales, y son un claro ejemplo para el conjunto de la industria nuclear en el mundo.



REFERENCIAS

- ACERO, Manuel (1995), "DTN and international cooperation of the Spanish nuclear sector in nuclear technology development processes", *Nuclear España. Revista de la SNE*, 148, pp. 42-45.
- BLANC, Pablo (1996), "La gestión de las centrales nucleares tras Chernóbil", *Nuclear España. Revista de la SNE*, 151, pp. 25-27.
- CAMPBELL, John. L. (1989), "Corporations, collective organization, and the State: Industry response to the accident at Three Mile Island", *Social Science Quarterly*, 70(3), pp. 650-666, disponible en <https://www.proquest.com/scholarly-journals/corporations-collective-organization-state/docview/1291669817/se-2>
- CANTELON, Philip L. (2016), *Nuclear Safety Has No Borders: A History of the World Association of Nuclear Operators*, London, WANO, disponible en <https://www.wano.info/getmedia/ac84213e-25f1-4bcc-8971-ae797465ae72/Nuclear-Safety-Has-No-Borders.pdf.aspx>
- CANTELON, Philip L. y WALKER, Samuel J. (2012), *Core of Excellence: A History of the Institute of Nuclear Power Operations*, Atlanta INPO.
- GODALL, Montse (2020), "Entrevista a José Antonio Gago, presidente de la Junta de Gobierno del Centro de París de WANO", *Nuclear España. Revista de la SNE*, octubre.
- GONZÁLEZ DE UBIETA, Adolfo (1993), "The presence in the programs for improving nuclear safety in the Eastern European countries", *Nuclear España. Revista de la SNE*, 126, pp. 35-37.
- IBÁÑEZ, Manuel et al. (1996), "La mejora de la explotación a través de la emulación: INPO y WANO", *Nuclear España. Revista de la SNE*, 154, pp. 32-34.
- KEMENY, John G. et al. (1979), *Report of the President Commission on the Accident at Three Mile Island. The need for Change: the legacy of TMI*, Washington D.C., Presidential Commission, disponible en: <http://large.stanford.edu/courses/2012/ph241/tran1/docs/188.pdf>
- PELEGRÍ, Matilde (1995), "Profesionales del mundo nuclear", *Nuclear España. Revista de la SNE*, mayo.
- PELEGRÍ, Matilde (2013), "Entrevista a Ignacio Araluce, director general del Centro de París de WANO", *Nuclear España. Revista de la SNE*, septiembre, pp. 7-10
- PELEGRÍ, Matilde (2020), "Luis Soriano, Director de WANO", *Nuclear España. Revista de la SNE*, pp. 1-5.
- PATE, Zack T. (1986), "Importancia de INPO en Estados Unidos", *OEIA Boletín*, otoño, pp. 60-62
- REVUELTA, Ramón (2003): "La 'revisión por homólogos' de centrales nucleares en WANO", *Nuclear España. Revista de la SNE*, 231, pp. 27-32
- SIERRA, Silvia (1997), "DTN operational support to Eastern Europe NPPs", *Nuclear España. Revista de la SNE*, 160, pp. 50-51.
- WANO (2023), *Unity towards nuclear excellence. 2023 to 2030 and beyond*, London, WANO.

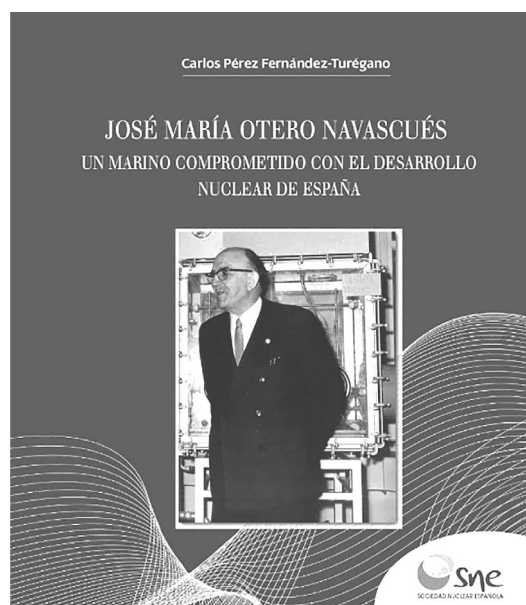
Capítulo 3.2 La Sociedad Nuclear Española. 50 años de una historia profesional

MATILDE PELEGRÍ TORRES

Algunos apuntes previos

Los años terminados en cuatro tienen una relevancia especial para el sector nuclear⁴⁸⁵. En 1944 se hacía crítico el primer reactor a gran escala en Hanford, Estados Unidos, sólo dos años después de la primera reacción en cadena autosostenida lograda por Enrico Fermi. Diez años más tarde, la entonces Unión Soviética daba el primer paso mundial en el uso civil de la energía nuclear con la puesta en marcha de la central de Obninsk. En ese mismo 1954 Estados Unidos iniciaba la construcción de la central nuclear de Shippingport, tras el lanzamiento del programa “Átomos para la paz”.

Una década después ocurría otro hito importante, esta vez en España, donde se aprobaba en 1964 la *Ley de Energía Nuclear*, que abría el camino para el programa de construcción de centrales nucleares. Pero esta parte de la historia protagonizada por España había empezado antes. En la década de los años cuarenta del siglo XX, José María Otero Navascués había promovido en España el conocimiento de la nuclear como fuente de energía. Conocido como el padre de la energía nuclear española, Otero Navascués da nombre al Premio de comunicación de la Sociedad Nuclear Española (SNE) desde 1983 y es el protagonista del primer libro de la serie de publicaciones bibliográficas promovida por la SNE⁴⁸⁶.



Portada del libro publicado por la SNE en 2016.
Fuente: SNE.

⁴⁸⁵ Así lo expresaba el presidente de la SNE en 1994, Enrique Valero, en la presentación del libro *Los primeros veinte años*, editado con motivo del 20º aniversario de esta organización (Valero, 1994). Valero, un joven profesional que falleció a una edad temprana, entendió que la comunicación era vital para el futuro de la energía nuclear, y fue el primero en crear una comisión de comunicación en la SNE

⁴⁸⁶ Pérez Fernández-Turégano (2016) es el autor de la primera biografía editada por la SNE, dedicada a uno de los más importantes protagonistas del inicio de la energía nuclear en España, y sin embargo poco conocido por las nuevas generaciones de profesionales.

Es precisamente Otero, por entonces director del Laboratorio y Taller de Investigación del Estado Mayor de la Armada (LTIEMA), y que había abierto contacto con científicos italianos interesados en las minas de uranio españolas, la persona designada como presidente de la Junta de Investigaciones Atómicas (JIA), creada el 6 de septiembre de 1948, organismo que se consideró un “proyecto de decreto reservado”. Con el fin de establecer relaciones con otras entidades y dar una apariencia externa adecuada, se creó la Sociedad de Estudios y Proyectos de Aleaciones Especiales (EPALE), en octubre de ese mismo año.

Como recoge Carlos Pérez Fernández-Turégano (2016), fue el mismo Otero quien consideró que en 1951 concluía la primera fase en la historia de la ciencia nuclear en España, y se iniciaba otra mucho más amplia con la creación de la Junta de Energía Nuclear (JEN), cuyo primer director fue el general Juan Vigón. Se daba así otro paso fundamental en el desarrollo de la energía nuclear en España, y no sólo por el interés de los organismos públicos sino también de la iniciativa privada, que llevó a entidades como el Banco Urquijo, pionero en la creación de un grupo industrial, a analizar las posibilidades de la incorporación de nuestro país a la senda de desarrollo de la industria nuclear que ya estaba en marcha en el mundo.

Un hito importante, que contó con la participación de profesionales españoles, fue la Conferencia de Ginebra de 1955, en torno a la cual se promovió la divulgación sobre los usos civiles de la energía nuclear. A esta Conferencia asistieron dieciséis representantes de España, siete vinculados a la JEN, tres de la Administración y seis de empresas⁴⁸⁷. Otro ejemplo del carácter pionero de los profesionales que promoverían algunos años más tarde la fundación de la SNE queda patente en la conferencia que impartió Carlos Sánchez del Río, primer presidente de la Sociedad, titulada “Aplicaciones pacíficas de la energía nuclear”, en la Casa de América en marzo de 1955.

En este escenario comienza a gestarse una compañía que es referente en el sector español: Tecnatom, fundada en abril de 1957, cuyo promotor y primer consejero delegado fue Jaime Mac Veigh, precisamente uno de los ingenieros del grupo industrial del Banco Urquijo⁴⁸⁸. También en 1957, el 2 de marzo, se crea NUCLENOR, SA, promovida por Manuel Gutiérrez-Cortines, consejero director de Electra de Viesgo, participada por esta compañía y por Iberduero, para construir una central nuclear, que sería finalmente Santa María de Garoña.

En 1960 se publica el estudio *Coyuntura de la energía nuclear en España: presente y futuro*, elaborado por Tecnatom con el apoyo de la Junta de Energía Nuclear. Se da así el paso inicial para poner en marcha la primera central nuclear en nuestro país, auspiciada por Unión Eléctrica Madrileña, empresa presidida por José Cabrera, quien daría su nombre a la central, más conocida como Zorita por situarse en el municipio alcarreño de Zorita de los Canes. La primera central nuclear española entraba en funcionamiento el 2 de junio de 1968.

Comenzaban a reunirse nombres destacados en los inicios de la industria nuclear en España, que serían los protagonistas de la creación, en 1974, de la Sociedad Nuclear Española.

⁴⁸⁷ Así se recoge en el trabajo presentado por Joseán Garrués-Irurzun y Juan A. Rubio-Mondéjar, titulado “La iniciativa privada en el Programa Nuclear Español. Reflexiones en torno al contexto internacional y empresarial”, en el *XII Congreso de la Asociación Española de Historia Económica*, celebrado en Salamanca en 2017, https://media.timtul.com/media/web_aehe/_wp-content/uploads/2016_01_GarruCs-y-Rubio-Congreso-AEHE.pdf

⁴⁸⁸ Con motivo de su 50º aniversario, Tecnatom editó el libro *Tecnatom 1957-2007. Medio siglo de tecnología nuclear en España*, en el que se recoge la historia de la energía nuclear (García Molina et al., 2007).



Foto construcción Zorita. Exposición 50 aniversario CN José Cabrera. Fuente: SNE.

3.2.1. La SNE, una asociación pionera en Europa

La industria nuclear experimenta un importante crecimiento en la década de los años setenta del siglo XX. La central nuclear José Cabrera se encuentra en funcionamiento, y está en marcha la construcción de las otras dos centrales que integran la primera generación, Santa María de Garoña (Burgos) y Vandellós I (Tarragona), contratadas con el modelo de “llave en mano” a un contratista extranjero con experiencia. Con esta base de partida, el tejido industrial español inició un rápido avance en el conocimiento de la fabricación de equipos y la prestación de los servicios necesarios.

España había entrado, así, en el selecto grupo de países que consideraban la energía nuclear como una fuente de energía necesaria para afrontar el incremento de la demanda que se venía produciendo en los últimos años. En paralelo, crecía el número de profesionales de distintas especialidades que se incorporaban al sector, trabajando en empresas de ingeniería como Empresarios Agrupados, fundada en 1971 como agrupación de Eptisa, GHESA y Técnicas Reunidas, o INITEC, perteneciente al entonces Instituto Nacional de Industria (INI) (actual Sociedad Estatal de Participaciones Industriales (SEPI)). También era relevante la participación de profesionales en la formación y el entrenamiento en la ya citada Tecnatom, y en compañías de obra civil y de montaje.

Pero no sólo la ingeniería era una actividad nuclear consolidada. España contaba con minería del uranio, gestionada por ENUSA (Empresa Nacional del Uranio), fundada en 1972, y con la fabricación de equipos en ENSA (Equipos Nucleares), compañía creada en 1973 por empresas de bienes de equipo y que, a principios de los años ochenta, tras la cancelación del ambicioso programa nuclear español para el que había sido diseñada, fue

adquirida por el Instituto Nacional de Industria⁴⁸⁹. De esta forma, se incrementaba el número de profesionales de las distintas especialidades que desarrollaban su actividad en múltiples empresas.

Nacen las asociaciones sectoriales

Con el fin de intercambiar conocimientos, dar visibilidad y divulgar los avances de la tecnología nuclear se inicia el proceso de creación de sociedades profesionales especializadas. La primera en el ámbito occidental es la Sociedad Nuclear Americana (ANS, por sus siglas en inglés) fundada en 1954. Con un sector europeo en crecimiento, y siguiendo la iniciativa norteamericana, en 1973 tiene lugar una reunión en Ginebra con el objetivo de estudiar el procedimiento a seguir para constituir la Sociedad Nuclear Europea (ENS, por sus siglas en inglés). El vicepresidente de la Junta de Energía Nuclear, Francisco Pérez Cerdá, invita a Antonio Colino López (quien sería uno de los fundadores de la SNE) a participar en esa reunión como representante de la JEN. Recordaba Colino, en la entrevista publicada en el número de febrero de 1994 de la Revista de la SNE, que allí se analizó el esquema de la nueva Sociedad y las fórmulas de integración de las entidades representativas de los distintos países europeos⁴⁹⁰. En su opinión, esta reunión puede considerarse el punto de partida de la Sociedad Nuclear Española.

En aquellos momentos existían sociedades nacionales y ramas de la ANS que deciden fundar la Sociedad Nuclear Europea. Como recordaba Carlos Sánchez del Río, uno de los impulsores de la Junta de Energía Nuclear, de la que llegó a ser Director de Investigación, en ese momento España era uno de los países punteros en el desarrollo de las aplicaciones nucleoelectricas, y había mucho interés en que participara en la nueva entidad europea. Se pone en marcha en ese momento toda una maquinaria, promovida por el propio José María Otero Navascués, y que reúne a Carlos Sánchez del Río y Manuel Quinteiro, para trabajar en la organización de una sociedad nuclear española que colaborara con la europea, porque en palabras de Quinteiro “sería la mejor forma de mantener la independencia europea en este campo”⁴⁹¹.

Recordaba Sánchez del Río que los primeros momentos eran de gran actividad, especialmente por parte de Quinteiro. Se consultaron estatutos de entidades similares, entre ellos los de la Sociedad Española de Física y de la propia ANS, y con ese material se elaboró un borrador, que fue aprobado y que es la base del funcionamiento de la SNE.

En el encuentro celebrado en 1994 con los fundadores de la Sociedad, con motivo del 20º aniversario, se incidió en que el objetivo fundamental era la participación de todos los profesionales que trabajaban en el sector nuclear, cuidando que la SNE no fuera un órgano más de la JEN⁴⁹².

⁴⁸⁹ El entonces presidente de ENSA, Francisco Ballesteros, se refiere a esta transición en el número especial de *Nuclear España* dedicado a su 25º aniversario, en 2007 (Ballesteros, 2007).

⁴⁹⁰ La celebración del 20º aniversario permitió recopilar mucha información sobre los inicios de la propia Sociedad. Personalmente, fue un privilegio poder hablar con los fundadores sobre los objetivos que se marcaron, los primeros pasos, las incertidumbres y las certezas. Todos y cada uno de ellos eran referentes en la historia de la energía nuclear en España, SNE-Senda Editorial (1991).

⁴⁹¹ SNE-Senda Editorial (1991, nota 1).

⁴⁹² “Mi gran preocupación desde los primeros momentos prefundacionales -afirmaba Sánchez del Río- fue la independencia. La Sociedad no podía estar vinculada al Estado o a las empresas, y haberlo conseguido ha sido, en mi opinión, la base del éxito de la Sociedad, que está en manos de los socios y que es y será lo que éstos quieran que sea”, SNE-Senda Editorial (1991).



Fundadores de la SNE en el encuentro organizado con motivo del 20º aniversario de la Sociedad. Fuente: SNE.

Una de las ideas que, en esa línea, se puso en marcha fue la condición de que el vicepresidente sea el futuro presidente; de esta forma, se evita el acceso a la máxima representación de la Sociedad a alguien que no conozca su funcionamiento y los objetivos a conseguir. Este proceso se mantiene aún hoy en los Estatutos de la SNE.

La SNE en la fundación de la ENS

En un plazo de tiempo muy corto, el 15 de enero de 1974 se constituyó la Sociedad Nuclear Española, y en el mes de abril de ese año el primer presidente, Carlos Sánchez del Río, participó en la fundación de la Sociedad Nuclear Europea, dejando su firma en el documento fundacional. La aprobación definitiva de la SNE por parte de las autoridades españolas tuvo lugar el 13 de mayo de 1974.

El grupo de fundadores de la SNE se encargó de definir el proceso legal, llevar adelante su puesta en marcha, y establecer un periodo transitorio durante el cual se produjo la captación de socios para contar con un número suficiente que decidiera la candidatura más adecuada para las primeras elecciones. Ese grupo estuvo constituido por Carlos Sánchez del Río, presidente de la Comisión Gestora; Antonio Colino, Luz Corretjer, Francisco Pascual, Manuel Quintero, José Antonio López-Rúa, Amalio Sáinz de Bustamante y Manuel Santaúrsula.



Carlos Sánchez del Río, primer presidente de la SNE (1975-1977).

Se mantenían en paralelo las conversaciones para la creación de la Sociedad Nuclear Europea, cuya acta fundacional se firmó el 20 de abril de 1975, en París, registrada en Ginebra, Suiza, bajo el código civil de ese país. Firmaron el acta fundacional los representantes del Real Instituto de Ingeniería de Holanda, las secciones de centro Europa, Bélgica, Francia e Italia de la ANS, el Instituto de Ingenieros Nucleares británico, y las sociedades nucleares de la Unión Soviética, Suiza, Italia, España, Francia, Finlandia, Reino Unido y Alemania.

Los inicios, con la vista puesta en la presencia internacional

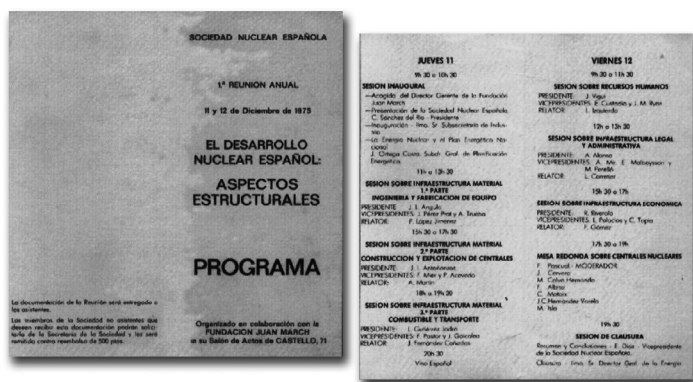
La primera Junta Directiva de la SNE estuvo formada por Carlos Sánchez del Río y Sierra, presidente; Eduardo Díaz Río, vicepresidente; Manuel Quintero Blanco, secretario general; Luis Palacios Súnico, tesorero; y los vocales Luz Corretjer, Juan Estapé Arnau, José Luis Hernández Varela, Pedro López Jiménez, Manuel Perelló Palop y Manuel Santaúrsula, incorporándose un año más tarde Lucila Izquierdo Rocha.

Muy pronto se empezaron a organizar actividades dirigidas a los socios, pero con una trascendencia y visibilidad en el conjunto de las empresas, también en el ámbito internacional. La primera de las reuniones anuales se celebró sólo un año después de la creación de la SNE, en diciembre de 1975, en el salón de actos de la Fundación Juan March, en Madrid. Desde entonces, esa cita se repite anualmente.

En los primeros años se mantuvo la organización de estos encuentros en Madrid, abordando temas monográficos como las centrales nucleares y el medio ambiente -muy innovador en los años setenta-, el ciclo del combustible nuclear o la participación nacional en el Programa Nuclear Español. Eduardo Díaz Río, segundo presidente de la SNE, destacaba la vitalidad del momento, caracterizada por la incorporación de profesionales muy jóvenes⁴⁹³.

En 1979 se produce el primer incidente en una central nuclear que traspasa las fronteras de su emplazamiento. Es en marzo de ese año en la unidad 2 de la central norteamericana de Three Mile Island, en el estado de Pensilvania. Atenta a esta realidad, la SNE incluye el análisis de este incidente en su V Reunión Anual, celebrada

en Barcelona, con la sesión especial "TMI. Perspectiva desde España", presentada por Francisco Albisu, responsable nuclear de la ingeniería SENER. Agustín Alonso era por aquel entonces el presidente de la Sociedad, y ya acumulaba una trayectoria internacional, desde su formación en Seguridad Nuclear por la Escuela de Tecnología de Reactores del Laboratorio Nacional de Oak Ridge y por el Instituto Tecnológico de Massachusetts, ambos en Estados Unidos, como por su participación como asesor del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) o como miembro de comités científicos internacionales.



Programa de la primera Reunión Anual de la SNE.

⁴⁹³ SNE-Senda Editorial (1991).

Se celebran entre 1979 y 1980 seminarios internacionales como “*Current issue in nuclear power plant safety*”, con Morris Rossen, jefe adjunto de seguridad del OIEA, o la conferencia “*El estado de la controversia nuclear*”, por Georges Delcoigne, director de la División de Información Pública del OIEA (SNE-Senda Editorial, 1991).

Las reuniones anuales continúan su trayectoria, evidenciando en aquellos primeros años ochenta del siglo XX la buena sintonía entre el sector eléctrico y la administración pública, como evidencia la participación de los presidentes de UNESA y del INI en la VI Reunión Anual. Aún más, estos congresos, que constituyen desde hace cincuenta años el punto de encuentro de empresas y profesionales del sector, son el reflejo de la evolución del sector, que queda reflejada en las empresas participantes en la exposición comercial, en los temas abordados en las ponencias técnicas o en la presencia de profesionales de distintos países. La próxima cita será la número 50, y se celebrará en el mes de octubre en la ciudad de Córdoba.



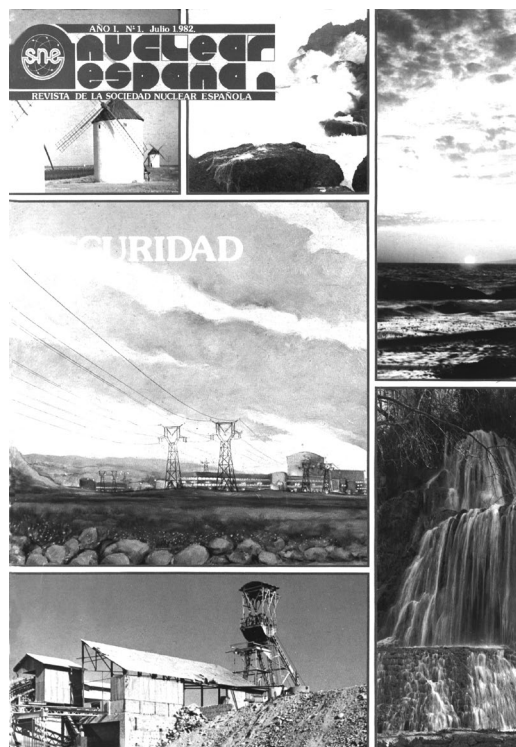
Logotipo de la 50ª Reunión anual de la SNE en Córdoba

Una década de contrastes

A finales de la década de los años setenta se encontraban ya en operación las tres centrales de la primera generación, José Cabrera, Santa María de Garoña y Vandellós I. Las consideradas de segunda generación, los dos grupos de Almaraz, los dos de Ascó, los dos de Lemóniz y Cofrentes, estaban en una fase muy avanzada de construcción; de hecho, Almaraz I inició su operación en mayo de 1981. La participación de la industria nuclear española había pasado del 45 % inicial con los proyectos “llave en mano” de la primera generación, a superar el 80 % en esta segunda, lo que había incrementado claramente el número de profesionales y, por lo tanto, el tamaño de la SNE.

En este escenario aparentemente positivo se produce uno de los momentos más dramáticos vividos por el sector nuclear en España, con los asesinatos por parte de la banda terrorista ETA de varios trabajadores de la central nuclear de Lemóniz, entre ellos José María Ryan en febrero de 1981, y Ángel Pascual en mayo de 1982. La construcción de la central se paralizó inmediatamente después del último atentado.

A pesar de ello, el sector y la SNE siguieron trabajando y dando visibilidad a la labor de los profesionales. Con este objetivo nace *Nuclear España*, la revista de la SNE, que lanza su primer número en julio de 1982, coordinado por la entonces Comisión de Publicaciones, presidida por Rogelio de Haro. Hasta finales de 2019, la revista mantuvo la edición mensual



Portada del número 1 de *Nuclear España*.

de forma ininterrumpida, llegando al número 412 en diciembre de ese año. A partir de febrero de 2020, tras un proceso de transformación digital, la revista mantiene su cita con los socios y los lectores desde el portal **www.revistanuclear.es**.

También en 1982 se crea la Comisión de Programas, encargada de la organización de jornadas y encuentros, entre los que es importante destacar la Jornada de Experiencias Operativas de las centrales nucleares española, cuya primera edición se organizó en 1989 y que cada año presenta las mejores prácticas de las centrales al sector y a la sociedad, un encuentro que se mantiene en la actualidad, y que es uno de los principales puntos de encuentro de profesionales y empresas.

Muy pronto, en 1983, se crea la Comisión Técnica, con el objetivo inicial de poner en marcha un programa de Guías de Aplicación, recopilando la experiencia acumulada por un sector nuclear ya en su madurez en guías que expliquen cómo se aplican las normas en la industria nuclear española⁴⁹⁴. La Comisión Técnica continúa con su actividad, centrada en coordinar la transmisión de información técnica a los socios, participando en la revisión de la normativa nacional e internacional, representando a la SNE en los comités de normativa y organizando anualmente la Jornada Técnica de la Sociedad.

Los primeros congresos internacionales en España

La colaboración internacional era cada vez más intensa. Prueba de ello fue la organización de la “Conferencia Internacional sobre entrenamiento de operadores de instalaciones nucleares”, organizada por la SNE en colaboración con la ENS. Fue en Madrid, en octubre de 1983, y en su Comité Organizador participaron por parte de España Miguel Baradiarán, presidente de la SNE, y Francisco Vighi, director general de Tecnatom, contando también con representantes de Gran Bretaña, la entonces República Federal Alemana e Italia.

Durante tres días se expusieron los principales temas que interesaban de una manera especial en aquellos momentos, como la formación de los profesionales, el entrenamiento de los operadores de la sala de control, la interfase entre el operador y el proceso, contando con la participación de profesionales de Suiza, RF Alemana, Gran Bretaña, Francia, Estados Unidos, Italia, Suecia y España en las mesas redondas, y con más de 50 trabajos provenientes, además, de Bélgica, Finlandia, Noruega, Sudáfrica y Yugoslavia. Desde muy pronto, nuestro país fue un referente en la formación de profesionales de muy diversos países del mundo.

ICONTT III. Un punto de referencia en plena moratoria nuclear

Sólo dos años después, en octubre de 1985, tuvo lugar en Madrid la III Conferencia Internacional sobre Transferencia de Tecnología Nuclear, ICONTT III, organizada conjuntamente por las sociedades nucleares española, americana y europea. La decisión de celebrar este congreso en España se había tomado en su segunda edición, que tuvo lugar en noviembre de 1982 en Buenos Aires. Sin embargo, en 1983 el Gobierno había decretado la moratoria nuclear, y no estaba claro que fuera posible abordar este proyecto. Como se manifestó en el editorial del número de *Nuclear España* dedicado a este congreso, la Junta Directiva decidió crear una comisión asesora que estudiase las posibilidades de que la industria apoyara esta iniciativa, que iba a requerir no sólo del esfuerzo personal y la dedicación de profesionales del sector, sino especialmente de recursos económicos que permitieran abordar un proyecto tan ambicioso.

⁴⁹⁴ La SNE ha editado libros conmemorativos de los aniversarios 20, 30 y 40. Esto permite conservar la información de su desarrollo, véase SNE- SENDA EDITORIAL (1991, 2004 y 2014).

Así, fabricantes, constructoras, empresas de ingeniería y servicio se mostraron a favor de la iniciativa y, con el apoyo de las sociedades nucleares americana y europea, y el de las empresas en España, se aceptó en 1983 la tarea de organización ICONTT III, que alcanzó un notorio éxito, como lo demostraron las cifras: 170 ponencias en ocho sesiones plenarias y 27 sesiones técnicas; más de 500 inscritos procedentes de 33 países, y 89 acompañantes; 29 entidades participantes en la exposición comercial, además de una importante representación de ponentes y personalidades españolas e internacionales.

En su conferencia de bienvenida, el entonces presidente de la SNE, Adolfo García Rodríguez, se refería al momento que atravesaba el sector como coyuntural: “Nadie puede sostener seriamente que la humanidad va a renunciar a un recurso energético que es de gran interés por muchas razones”.

La presencia española en ICONTT III iba más allá de la SNE. El presidente de la Sociedad Nuclear Europea era Rafael Caro, quien había sido el representante de la SNE en la ENS desde 1981 hasta su elección como presidente en junio de 1985. Un español, miembro además de la Junta Directiva de la SNE, ostentaba la máxima representación de una Sociedad integrada por más de 16.000 profesionales europeos de la energía nuclear. Una demostración más de la destacada presencia española en el ámbito internacional⁴⁹⁵.

José Luis Hernández Varela presidiendo el Comité de Dirección, y que asumiría la presidencia de la SNE en el periodo siguiente; Antonio Caretti liderando el Comité de Programas, y Javier Brime, a cargo de la oficina ejecutiva, llevaron adelante una conferencia internacional que sería un hito en la trayectoria de la SNE⁴⁹⁶. Sólo dos años después, en 1987, la Sociedad decide abordar un nuevo desafío: organizar una conferencia internacional abordando un tema elegido por la propia SNE, por lo que no había precedentes en los que documentarse.

Y continuaron los encuentros internacionales de referencia

En abril de 1989, bajo la presidencia de Manuel Acero, que también ocupaba la vicepresidencia de la ENS, tuvo lugar el tercero de los grandes congresos internacionales, la “Conferencia Internacional sobre mejora de la disponibilidad de las centrales nucleares”, juntamente con el Organismo Internacional de Energía Atómica, la Sociedad Nuclear Europea, la Sociedad Nuclear de Canadá y la Sociedad para la Energía Atómica de Japón.



Portada del número especial de *Nuclear España* dedicado a ICONTTIII (número 38, diciembre 1985).

⁴⁹⁵Así se reconoce en el libro *SNE. 30 años de historia nuclear*, SNE-SENDA EDITORIAL (2004).

⁴⁹⁶ICONTT III constituyó un hito en la evolución de la SNE y, en consecuencia, en la visibilidad de la industria nuclear española en el mundo. La participación de directivos y profesionales de Estados Unidos, diversos países europeos y asiáticos, incluyendo organismos reguladores como la norteamericana NRC, permitió una importante proyección de España al mundo. Toda la información de ICONTT III fue recogida en *Nuclear España*, en su número de diciembre de 1985.

Las reuniones de la organización estaban lideradas por el propio Manuel Acero, Adolfo García Rodríguez como presidente del Comité de Dirección del Congreso, y Javier Brime, con Santiago San Antonio, en la oficina ejecutiva.

En el momento de cerrar el plazo de presentación de ponencias, en septiembre del año anterior, sólo habían llegado cuatro, recordaba José Palomo, presidente del Comité de Programas⁴⁹⁷. Mucho trabajo y cerca de 5.000 horas de dedicación por parte de los comités permitieron alcanzar la cifra de 217 ponencias, con más de 500 representantes de 18 países, y 32 entidades en la exposición comercial.

Además de la presencia de personalidades de sociedades nucleares de varios países, INPO y el OIEA, participó el doctor Bertrand Goldschmidt, el último ayudante personal de Marie Curie, quien le contrató en 1933, pronunciando la conferencia inaugural⁴⁹⁸.

Merece una referencia la celebración en Madrid del XV *Congreso del Consejo Mundial de la Energía*, en septiembre de 1992. Si bien es cierto que la SNE no formó parte de la organización, sí aportó profesionales y directivos a los debates. Prueba de la importancia que le confirió la Sociedad a este evento es la publicación de un número monográfico de *Nuclear España*. En las conclusiones presentadas por Henrik Agerhansen, vicepresidente de Statoli, afirmó que “se prevé que la contribución de la energía nuclear crecerá de una manera moderada, y esto requerirá la solución de las preocupaciones del público por el tema de la seguridad”.

Los congresos monográficos y la ENC

La Sociedad Nuclear Española ha sido sede y entidad organizadora de encuentros propios de la ENS y que se celebran en diversos países. Es el caso de Top Safe'98, que tuvo lugar en Valencia, en abril de 1998, en el que participaron 360 conferenciantes provenientes de treinta países, junto a 21 empresas en la exposición comercial. El presidente de la ENS y la directora de la DG XII de la Comisión Europea participaron en la inauguración, y lo hicieron en la clausura el secretario general de la ENS, el consejero de la Nuclear Regulatory Commission Niel Díaz y directivos de empresas de Rusia y Francia, además del presidente del CSN y algunos cargos de la administración.

En mayo de 2003 tuvo lugar en Córdoba ICAPP'03, la Conferencia Internacional sobre centrales nucleares avanzadas, promovida por la Sociedad Nuclear Americana. Asimismo, la SNE ha promovido la participación del sector en la European Nuclear Conference (ENC), de la Sociedad Nuclear Europea, especialmente desde 1986, primer año en el que España contó con un pabellón destacado. Una de esas citas, la ENC 2010, tuvo lugar en Barcelona, organizada por la ENS en colaboración con la SNE. Por primera vez⁴⁹⁹ este congreso tenía su sede en un país distinto a Francia y Bélgica, y su repercusión mediática fue muy relevante. Cerca de mil profesionales, y un centenar de empresas procedentes de más de 40 países, se dieron cita en Barcelona, en junio de 2010.

Después de algunos años de escasa actividad, estos congresos han retomado relevancia, transformándose en la *World Nuclear Exhibition*, que se celebra en París. La presencia española está coordinada por el Foro de la Industria Nuclear Española y el ICEX (España Exportación e Inversiones).

⁴⁹⁷ La revista de la SNE, *Nuclear España*, editó en mayo de 1989 un número monográfico sobre este Congreso Internacional, COMISIÓN DE PUBLICACIONES SNE (1989).

⁴⁹⁸ COMISIÓN DE PUBLICACIONES SNE (1989, nota 13).

⁴⁹⁹ COMISIÓN DE PUBLICACIONES SNE (1989, nota 10).



María Teresa Domínguez, presidenta de la SNE entre 2005 y 2007, recibe el reconocimiento por la organización del congreso internacional ICAPP '03, celebrado en Córdoba.

Fuente: SNE.

La revista como reflejo de las relaciones internacionales

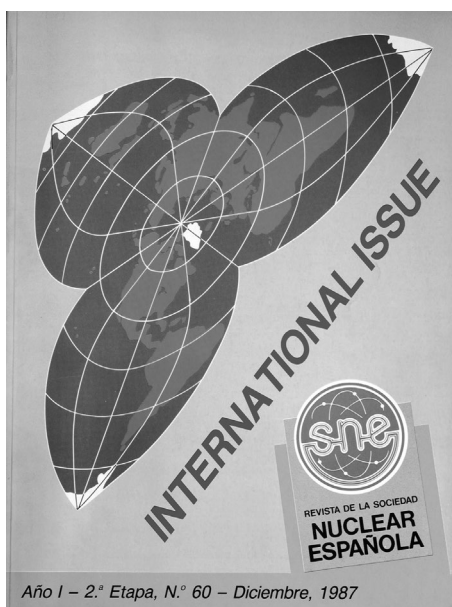
La revista de la SNE ha avanzado en paralelo con el desarrollo de la industria y del conjunto del sector nuclear. Como se ha indicado anteriormente, la primera generación de centrales nucleares, integrada por José Cabrera, Santa María de Garoña y Vandellós I, se construyó bajo el modelo "llave en mano", siendo el grado de participación de la industria española del orden del 43 %. Sin embargo, en las de segunda generación -los dos grupos de Almaraz, los dos de Ascó y Cofrentes- la media alcanzó el 80 %, siendo la construcción y obra civil enteramente nacionales, la ingeniería en un 75 % y los equipos eléctricos y mecánicos entre un 75 y un 80 %. Esta participación se incrementó aún más en las centrales de la tercera generación, Trillo y Vandellós II, alcanzando un 90 % en los equipos y de ese orden en la ingeniería.

La relación de los profesionales españoles con los organismos internacionales y con las empresas nucleares multinacionales era permanente. Pero el gran salto a la internacionalización de la industria española se empezó a producir después de establecerse la moratoria nuclear en 1983. Por esa razón, y consciente de la importancia de dar visibilidad a las empresas nacionales en los distintos mercados mundiales, en 1986 la revista de la SNE incorpora una separata con la traducción al inglés de los artículos, durante seis números. Pero en 1987 se da un paso más y se decide que los números de diciembre de *Nuclear España* se conviertan en una edición internacional en inglés, la tradicional "*International Issue*", destinada a presentar en el exterior las actividades del sector nuclear, y con una tirada dirigida a las empresas y los organismos

de interés para la industria española. Esta publicación, bajo títulos que fueron variando con los años, pasando por *Spanish Nuclear Industry o International Nuclear Market*, se mantuvo con periodicidad anual hasta 2005, y se recuperó en 2012.

La revista también ha publicado números monográficos dedicados a los organismos internacionales, como el número 54, de mayo de 1987, con artículos dedicados al OIEA, la NES, la ENS, la ANS, Foratom y la Asociación Internacional de Derecho Nuclear.

Resulta interesante consultar el número 105, de enero de 1992, dedicado a la energía nuclear en los países del Este de Europa, que recopila las conferencias presentadas en una jornada que, con el mismo nombre, organizó la SNE, en colaboración con la Asociación de Ingenieros Industriales de Cataluña. También el 154, de junio de 1996, estuvo dedicado a presentar la actualidad de los organismos internacionales, y su relación con la SNE.



Portada del primer número internacional de Nuclear España.

Como experiencia de colaboración internacional cabe destacar la iniciativa desarrollada entre 2001 y 2003, bajo la presidencia de Alfonso de la Torre en la Comisión de la Revista, en la que participaron las sociedades nucleares española, francesa y alemana, que decidieron publicar, de manera conjunta, tres separatas anuales con información referente a los sectores nucleares de los tres países, que se publicaban en las respectivas revistas de las tres sociedades.

La revista de la SNE ha mantenido la presencia internacional de forma permanente. Hasta 2019 era editada en papel, y cada año publicaba la edición en inglés "*International Issue*", con una amplia difusión en los mercados internacionales.

En 2020 se produjo la transformación digital, con la apertura del portal www.revistanuclear.es. En 2022 se desarrolló la Hemeroteca Nuclear, con todos los artículos publicados en los 412 números de la revista, desde julio de 1982 a diciembre de 2019. La hemeroteca puede consultarse en el portal de la revista. Esta apertura permite la difusión de los trabajos en todo el mundo.

La comunicación como eje de actuación

Como se indicaba al inicio de este capítulo, la Sociedad Nuclear Española ha concedido siempre una especial importancia a la comunicación. El presidente de la SNE en 1994, Enrique Valero, fue el impulsor de una comisión específica en esta materia.

La relación con los medios de comunicación, buscando siempre una información transparente y desde la perspectiva profesional, ha sido una constante desde aquellos primeros pasos, hace ahora precisamente treinta años. Una comunicación que ha debido adaptarse a las diferentes etapas del propio sector, dando respuesta a situaciones complicadas como los accidentes de Chernóbil y de Fukushima, siempre desde el conocimiento y la independencia.



Congreso ENC 2010 celebrado en Barcelona. José Emeterio Gutiérrez, presidente de la SNE (2009-2011), recibe a los congresistas. Fuente: SNE.

La comunicación es una actividad transversal de la SNE, y está presente en todas las acciones que se ponen en marcha, transmitiendo una uniformidad de criterios. Siendo larga la trayectoria de esta comisión, destacamos en esta edición dos iniciativas recientes, que han constituido un referente para los socios y para la sociedad en su conjunto. Por un lado, en marzo de 2023 se presentó el “Manifiesto en defensa de las centrales nucleares como fuente de energía estratégica en España”, que expone diez razones para entender por qué es necesaria la energía nuclear. Este manifiesto cuenta con adhesiones tanto particulares como de empresas y entidades del sector (<https://www.sne.es/manifiesto-nuclear/>).

También en 2023 se dio a conocer “Futuro Nuclear”, una serie de televisión constituida por cinco programas de divulgación sobre el papel de la energía nuclear en un modelo energético verde y sostenible. Los programas recogen las opiniones de expertos en las distintas áreas, y llevan como títulos: Realidad española, La gestión de los residuos nucleares, Más que energía, Retos a 2050 y Futuro nuclear. Están disponibles en el canal YouTube de la SNE (<https://www.sne.es/futuro-nuclear/>).

Para la SNE, la comunicación es un elemento clave, y por ello merece un espacio especial en esta publicación.

3.2.2. La European Nuclear Society (ENS)

La participación de la Sociedad Nuclear Española en la Europea ha sido una constante desde su creación, habiendo sido una de las entidades fundadoras. En el acta fundacional, del 20 de abril de 1975 (un año después de la fundación de la SNE) figuran las entidades fundadoras, quince en total, entre ellas varias secciones de la ANS presentes en países europeos.

Dos españoles han ocupado la presidencia de la ENS, Rafael Caro, entre 1985 y 1987, y Emilio Mínguez, entre 2020 y 2021. Reconocía Mínguez⁵⁰⁰ que en 45 años de historia de la ENS (en 2020), de los 23 presidentes era el segundo español, que *a priori* parece una representación reducida, confiando en que en los próximos años haya nuevamente un presidente de nuestro país.

En 2017, Fernando Pérez Naredo fue nombrado secretario general de la ENS, después de haber formado parte de su Consejo durante varios años. Era un momento que el propio Naredo reconocía como de renovación, para afrontar retos presentes y oportunidades de futuro del sector. La ENS estaba integrada por las sociedades nucleares de 21 países -14 de los cuales son de la Unión Europea- representando a 10.000 profesionales, además de 30 miembros corporativos. A pesar de que cada uno de los miembros de las sociedades nacionales pertenece a la ENS, reconocía Naredo una ruptura de comunicación en este sentido, por lo que una de sus prioridades era dar a conocer esa estrecha relación.

En la Junta de Gobierno participa siempre un representante de la SNE. Entre 2019 y 2021 fue el secretario general de la Junta Directiva, Rafael Vargas, y desde 2021 es Pablo León, tesorero de la SNE. España está representada también en el Comité Científico (High Scientific Council) de la ENS, encargado de elaborar los informes y posicionamientos, además de mantener un seguimiento constante de los avances de la ciencia y la tecnología. La profesora Carolina Ahnert ha sido miembro de este Comité hasta 2022, y en la actualidad participa el también profesor Eduardo Gallego. Por su parte, Kevin Fernández-Cosíals participa en la Comisión de Jóvenes de la ENS.

La ENS se divide por regiones, ya que se entiende Europa como el continente en su sentido más amplio, abierta a países como Rusia, Ucrania o Israel. Teniendo en cuenta el crecimiento de la energía nuclear en los países de la antigua Unión Soviética, en la actualidad se evidencia la presión que ejercen para contar con más miembros y, por lo tanto, mayor representatividad. Como el conjunto del sector, la ENS se encuentra inmersa en un entorno cambiante.

Para la SNE es muy importante mantener su papel y estar presente en las decisiones sobre el funcionamiento, la estructura y las actividades de la ENS. La diversidad de los países que conforman esta entidad supranacional dificulta tomar decisiones en algunos aspectos, como la influencia de la presión fiscal sobre la rentabilidad. Sin embargo, sí se ha logrado una posición conjunta única en el apoyo a considerar la energía nuclear en la taxonomía verde de la Comisión Europea. El representante de la SNE, Pablo León, reconoce que la Sociedad Nuclear Española es un referente en la Europea, especialmente por la capacidad que mantiene de organizar su congreso anual. En los últimos años es constante la presencia del presidente de la ENS en la sesión inaugural, reflejando la unión entre ambas entidades.

La gestión conjunta de la ENS y Foratom

A principios de los años 2000, los miembros del European Nuclear Council, donde están representadas las empresas nucleares más importantes, decidieron que era necesario coordinar y optimizar la gestión de las actividades de la Sociedad Nuclear Europea (que agrupa a las sociedades nucleares), Foratom (que reúne a los Foros Nucleares) y NucNet (la agencia europea de noticias nucleares).

⁵⁰⁰ La entrevista a Emilio Mínguez como presidente de la European Nuclear Society se publicó en noviembre de 2020 en *Nuclear España*. Su mandato se vio muy limitado por la pandemia. Véase Pelegrí (2020).

De esta forma, la ENS trasladó su sede inicial, en Suiza, a Bruselas, instalándose en las oficinas de Foratom, compartiendo tanto las instalaciones como la figura de gestión. Fue el español Santiago San Antonio, que había sido director general del Foro de la Industria Nuclear Española, quien pasó a ocupar en 2006 las responsabilidades de secretario general de la ENS y director general de Foratom.

La coordinación de las tres entidades, incluyendo la agencia de noticias especializada NucNet, no es tarea fácil como reconocía el propio San Antonio⁵⁰¹, ya que están integradas por compañías que son competidoras pero que también mantienen acuerdos de colaboración. Para facilitar la coordinación se funciona con grupos de trabajo, que analizan los distintos planteamientos que surgen en la Comisión o en el Parlamento, y que son los que definen la postura de la industria en cada uno de los temas.

En cuanto al papel de visibilidad pública, y con el fin de no confundir a las instituciones, la portavoz de la ENS, como entidad de profesionales, la ejerce su presidente, mientras que la portavoz de Foratom está a cargo de su director general, que recordemos también es el secretario general de la ENS. La clave, como indicaba San Antonio, es no mezclar las opiniones de los científicos con las de la industria.

NucNet, la agencia de noticias nucleares

La Sociedad Nuclear Europea decidió crear en 1990 NucNet, la agencia de noticias especializada en recoger y difundir información de la industria nuclear en el mundo. Está registrada en Bélgica, como una entidad no gubernamental sin ánimo de lucro.

NucNet cuenta con un servicio durante 24 horas al día, siete días a la semana, en el que informa sobre la operación y construcción de centrales nucleares, políticas que influyen en la industria, o la seguridad y las nuevas tecnologías.

Desde el punto de vista organizacional, NucNet cuenta con una Asamblea General y un Comité de Dirección, que se reúne dos veces al año para decidir las estrategias y el presupuesto. Los miembros representan a todas las áreas de la industria nuclear. El actual presidente es Andre Versteegh, de Países Bajos, y el vicepresidente de operaciones es Fernando Naredo.



Adolfo García Rodríguez, presidente de la SNE (1985-1987), y director general de Empresarios Agrupados desde 1971 hasta 2015.



⁵⁰¹ Pelegrí (2009).

3.2.3. España y la World Nuclear Association

Con sede en Londres, la World Nuclear Association (WNA) es una entidad privada que agrupa a las compañías más importantes del sector nuclear, que abordan todas las actividades relacionadas con el ciclo de combustible nuclear, así como aspectos legales, de seguros o logística. Cuenta con 182 empresas públicas y privadas, provenientes de 43 países.



Sama Bilbao y León, directora de la WNA desde octubre de 2020. Fuente: WNA.

En sus inicios fue el Uranium Institute, dedicado de forma exclusiva a los aspectos especialmente formativos relacionados con el combustible nuclear. Uno de sus presidentes fue José Luis González, presidente de ENUSA (la empresa pública de fabricación de combustible nuclear).

En sus inicios fue el Uranium Institute, dedicado de forma exclusiva a los aspectos especialmente formativos relacionados con el combustible nuclear. Uno de sus presidentes fue José Luis González, presidente de ENUSA (la empresa pública de fabricación de combustible nuclear).

Desde octubre de 2020, la directora general de la WNA es Sama Bilbao, profesional de origen español que ha desarrollado su trayectoria profesional en Estados Unidos y en Francia⁵⁰².

Relacionado con la información científica y técnica, promueve la *Information Library* (<https://world-nuclear.org/information-library.aspx>), una completísima biblioteca con cientos de ponencias y trabajos del sector nuclear.

En el ámbito de la comunicación, la WNA cuenta con el boletín diario de información sobre energía nuclear *World Nuclear News* (WNN) (<https://world-nuclear-news.org/>)

⁵⁰² Una de las primeras entrevistas concedidas por Sama Bilbao como directora general de la WNA fue a *Nuclear España*. Se realizó vía online, y se publicó en diciembre de 2020, Pelegrí (2020).

REFERENCIAS

BALLESTEROS, Francisco (2007), "25° aniversario NUCLEAR ESPAÑA", *Nuclear España. Revista de la SNE*, 276 pp. 64-65.

COMISIÓN DE PUBLICACIONES SNE (1985), "ICONTT III", *Nuclear España. Revista de la SNE*.

COMISIÓN DE PUBLICACIONES SNE (1989), "Congreso Mejora de la Disponibilidad de centrales nucleares", *Nuclear España. Revista de la SNE*.

COMISIÓN DE PUBLICACIONES SNE (1994), "Entrevista a los fundadores", *Nuclear España. Revista de la SNE*.

COMISIÓN DE PUBLICACIONES SNE (2014), *40° aniversario de la SNE*, Senda Editorial-Sociedad Nuclear Española.

GARCÍA MOLINA, Esperanza et al. (2007), *Tecnatom 1957-2007. Medio siglo de tecnología nuclear en España*, Madrid, Tecnatom/Divulga.

GARRUÉS, Joseán y RUBIO-MONDÉJAR, Juan (2017), "La iniciativa privada en el Programa Nuclear Español. Reflexiones en torno al contexto internacional y empresarial", comunicación presentada en el XII congreso de la Asociación Española de Historia Económica (AEHE).

PELEGRÍ, Matilde (2020), "Emilio Mínguez. Presidente de la ENS", *Nuclear España. Revista de la SNE*, 423, pp. 1-4.

PELEGRÍ, Matilde (2009), "Santiago San Antonio. Secretario general de la ENS y director general de Foratom", *Nuclear España. Revista de la SNE*, 297, pp. 4-7.

PELEGRÍ, Matilde (2020), "Sama Bilbao. Directora general de la World Nuclear Association", *Nuclear España. Revista de la SNE*, 424, pp. 1-6.

PÉREZ FERNÁNDEZ-TURÉGANO, Carlos (2016), *José María Otero Navascués. Un marino comprometido con el desarrollo nuclear de España*, Madrid, Sociedad Nuclear Española.

SNE-SENDA EDITORIAL (1991), *Los primeros veinte años*, Madrid, Sociedad Nuclear Española/Senda Editorial.

SNE-SENDA EDITORIAL (2004), *SNE. 30 años de historia nuclear*, Madrid, Sociedad Nuclear Española/Senda Editorial.

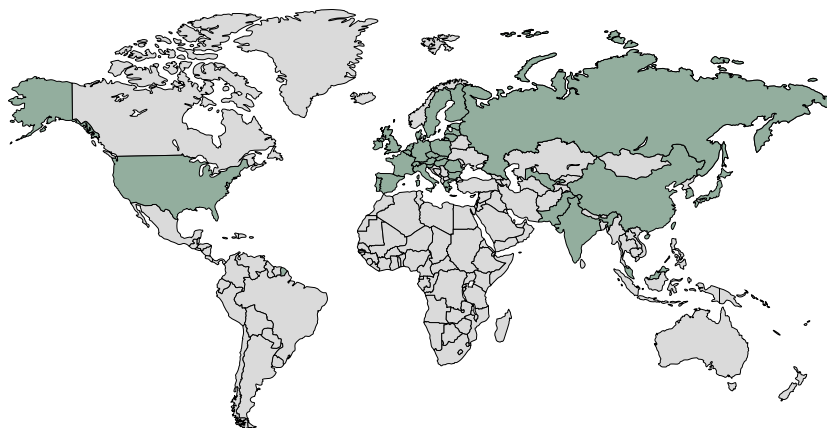
SNE- SENDA EDITORIAL (2014), *SNE 1974-2014. Los primeros veinte años*, Madrid, Sociedad Nuclear Española/Senda Editorial.

VALERO, Enrique (1994), *Los primeros veinte años de la Sociedad Nuclear Española*, Madrid, Sociedad Nuclear Española.

Capítulo 3.3 La internacionalización de las empresas españolas del sector nuclear

SANTIAGO M. LÓPEZ GARCÍA⁵⁰³

En la actualidad la industria nuclear española ocupa a unos 30.000 profesionales y exporta productos y servicios a cuarenta países. Esta capacidad exportadora se concentra en cuatro actividades. Por un lado, los servicios de ingeniería, donde más del 60% corresponde a operaciones de exportación. Por otro está la fabricación de bienes de equipo, en la que el 80% va al mercado exterior. A esto hay que sumar el abastecimiento de combustible a través de la empresa ENUSA, que mantiene acuerdos tecnológicos con grandes multinacionales como Westinghouse y General Electric y exporta más de la mitad de su producción. Por último, encontramos la participación en los consorcios internacionales de investigación para el desarrollo de reactores avanzados y modulares, en los programas de gestión y seguridad de las centrales, y en la construcción de diversos componentes y maquinaria del International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER), el megaproyecto de reactor para la producción de energía mediante fusión nuclear. En todos estos programas la colaboración española se sitúa entre las principales⁵⁰⁴.



Países participantes en el proyecto ITER. Fuente: Wikimedia Commons.

⁵⁰³ Damos las gracias a Faustino Acosta Ortega y Adolfo González de Ubieta por sus sugerentes comentarios, aclaraciones, revisiones y aportaciones de información.

⁵⁰⁴ Foro Nuclear (2022a) y ENUSA. Memoria 2022, <https://www.enusa.es/sala-de-prensa/materiales/memorias-anuales/>. Un reciente ejemplo de la capacidad tecnológica de las empresas españolas que les permite participar en proyectos como el ITER es la labor desarrollada por ENSA (Equipos Nucleares SA). Esta empresa es la encargada del proceso de soldadura mediante haz de electrones (*electron beam welding*) de las piezas que componen la cámara de vacío que actúa como primera barrera de contención de la radiación residual. Pesa 8.000 toneladas y ha de ser fabricada por piezas que se unen en la instalación. "...probablemente el ser humano nunca se ha enfrentado a la construcción de una máquina tan voluminosa y que requiere una precisión tan alta durante su ensamblaje." López (2023).

¿Cómo y por qué ha surgido este marcado carácter de internacionalización en el sector nuclear español⁵⁰⁵?

Para dar respuesta a esta pregunta hay que explicar dos características generales a todo el sector en el mundo que han determinado su alto grado de internacionalización. Se trata, por un lado, de que la información relativa a la seguridad de las centrales en este sector se ha de compartir internacionalmente y, por otro, que la financiación de los programas nucleares es de tal calibre que las fórmulas de contratación de las centrales han de primar la colaboración y la transferencia de tecnología.

La primera característica, la relativa a la seguridad, históricamente se remonta a la formación del sector en el conjunto del mundo. Desde el primer momento la cuestión de la seguridad ante posibles accidentes fue considerada una cuestión internacional. Hay que partir del hecho de que la utilización civil de la energía nuclear es una actividad industrial en la que se deben controlar múltiples factores para reducir cualquier situación de riesgo para la sociedad, tanto cercana a una central como la muy alejada pero susceptible de ser afectada por las consecuencias de un posible accidente⁵⁰⁶. No es que antes y a lo largo la Revolución Industrial no hubieran existido riesgos de que la actividad productiva provocase externalidades negativas, pero éstas se habían entendido normalmente como locales y puntuales⁵⁰⁷.

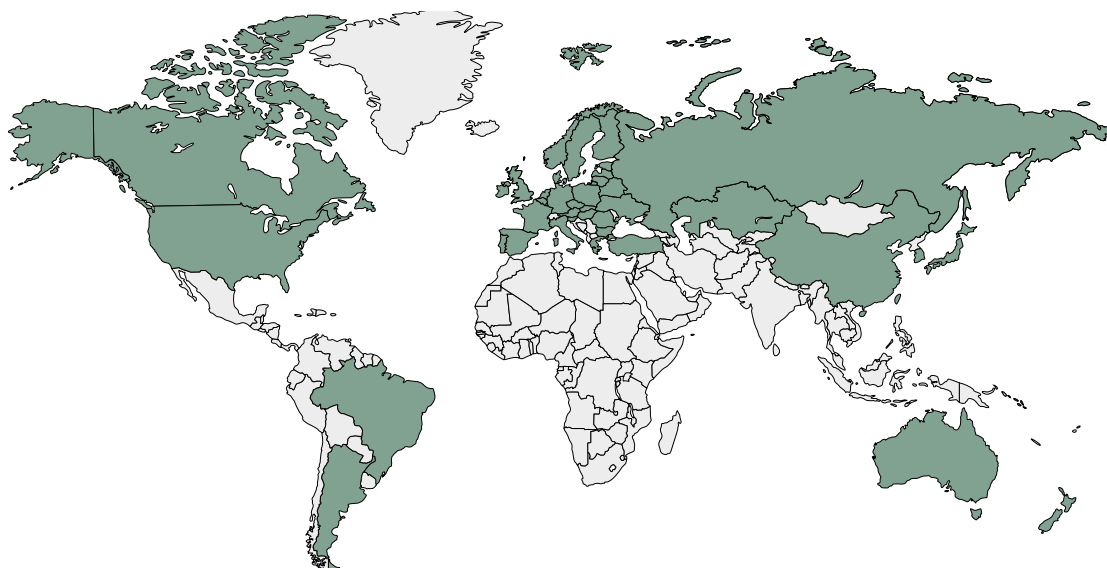
En el sector nuclear la detección de un fallo de diseño ha planteado inmediatamente la revisión en todo el mundo de ese posible problema en las instalaciones y los procesos de fabricación con las mismas características. En este aspecto, la industria nuclear se asemeja a la aeronáutica civil. Un pequeño fallo de diseño puede llevar a paralizar las flotas de los modelos afectados en todo el mundo. Ahora bien, con respecto a la aviación civil, la energía nuclear difiere, como ya se ha indicado, en cuanto al potencial calibre que pudiera llegar a tener un accidente. Ante estas peculiaridades y la necesidad de reducir la probabilidad de cualquier tipo de eventualidad, la respuesta de las empresas fue, desde el inicio de la industria, establecer mecanismos de información y coordinación internacionales para reducir al mínimo el riesgo de fallos y su repetición. A esta preocupación por parte de los fabricantes industriales y las empresas explotadoras de la energía, hay que añadir la preocupación de los Estados, los cuales tuvieron que legislar y coordinarse internacionalmente para establecer los estándares de seguridad. Estas acciones políticas se llevaron a cabo en conexión con las iniciativas internacionales de las asociaciones empresariales del sector. Ambos procesos, que han sido descritos en los capítulos precedentes de este libro, llevaron a todas las empresas implicadas a tener que asumir un alto grado de internacionalización, tanto en el sentido de tener que compartir el conocimiento tecnológico, como en el de estar al día de los avances y conocer el estado del arte de las tecnologías implicadas, incluso si tan solo querían explotar sus mercados locales.

⁵⁰⁵ Esta es la pregunta que va a marcar el desarrollo del presente capítulo. Para responderla el enfoque va a ser sectorial e institucional, es decir se trata de adoptar una perspectiva sobre las razones del comportamiento exportador del sector nuclear español, además, se trata de un enfoque muy conectado a las organizaciones que van creando las empresas o a las que son invitadas a entrar, con el objetivo de ir ganando una presencia exterior de carácter institucional. En consecuencia, las empresas serán citadas y en ocasiones aparecerán datos de la evolución del sector, pero se ha obviado hacer un repertorio de compañías tratando la internacionalización de cada una.

⁵⁰⁶ No podemos olvidar que la llamada "era atómica" también inauguraba lo que Ulrich Beck (1992) vendría posteriormente a denominar como "Sociedad del Riesgo".

⁵⁰⁷ No fue hasta la constatación de que la lluvia ácida producía efectos negativos en territorios alejados del foco de contaminación cuando se empezó a tomar conciencia de que los problemas locales de contaminación podían tener repercusiones a escala regional o internacional, véase Bonneuil y Fressoz (2015).

La necesidad de coordinarse ante los problemas del doble uso de la tecnología quedó de manifiesto con la detonación en 1974 de la bomba Smiling Buddha, por parte de India, lo que demostró que la tecnología nuclear transferida para propósitos pacíficos podía ser mal utilizada. La consecuencia fue que se creó el Nuclear Suppliers Group (NSG) ese mismo año. El NSG es la asociación de países con compañías proveedores de equipos nucleares que actualmente agrupa a cuarenta y ocho naciones. Tiene como objetivo contribuir a la no proliferación de las armas nucleares a través de la implementación de directrices para las exportaciones relacionadas con las tecnologías nucleares. Las Directrices del NSG también contienen el llamado “Principio de no proliferación”, adoptado en 1994, por el que un proveedor, sin perjuicio de otras disposiciones de las Directrices del NSG, autorizará una transferencia sólo cuando ésta no contribuya a la proliferación de las armas nucleares⁵⁰⁸.



Mapa de los países pertenecientes al Grupo de Suministradores Nucleares (NSG). Fuente: Cedrosolo. Commons Wikimedia.

Si el hecho de lograr un alto grado de seguridad ha propiciado que los conocimientos tecnológicos se difundieran entre los países que iniciaron programas nucleares, la segunda característica para entender la internacionalización reside en los modelos de contratación para poder construir una infraestructura sumamente cara y, en consecuencia, compleja a la hora de ser financiada. Veamos este segundo aspecto en detalle.

⁵⁰⁸ El Principio de No Proliferación busca cubrir los casos singulares pero importantes en los que la adhesión al Tratado de No Proliferación (TNP) o a un tratado sobre una zona libre de armas nucleares no puede por sí misma ser una garantía de que el Estado compartirá sistemáticamente los objetivos del TNP, o que cumplirá permanente las obligaciones del TNP. “About the NSG”, NSG - Nuclear Suppliers Group <https://www.nuclearsuppliersgroup.org>

3.3.1. Los modelos de contratación y la incorporación de la experiencia internacional al sector nuclear español

Al inicio del presente siglo, el OIEA (en inglés International Atomic Energy Agency, IAEA) realizó un informe (IAEA, 2000, p.18) en el que sintetizó en cuatro posibilidades las modalidades de contratación para la construcción de centrales:

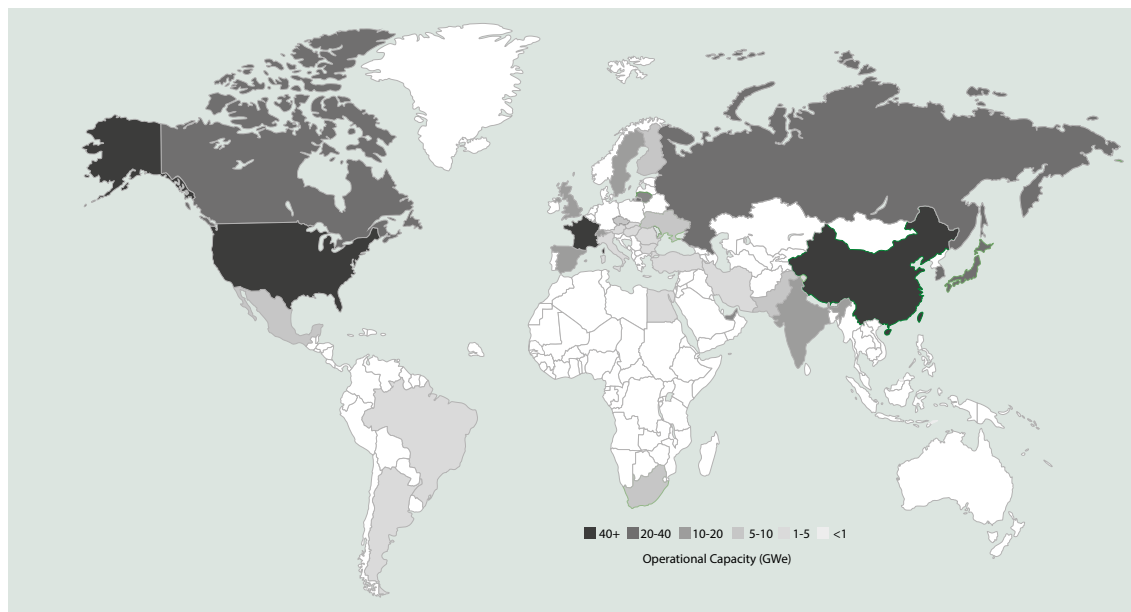
- a) contrato llave en mano (*turnkey contract*),
- b) subcontratación o contrato por componentes reducido (*split package contract o multi-contract*),
- c) subcontratación o contrato por componente amplio (*multiple package contract o multi-contract*)⁵⁰⁹ y
- d) contrato llave en mano con propiedad permanente o temporal de la planta por parte del constructor (*Build, Own and Operate -BOO; o Build, Own, Operate and Transfer-BOOT*).

Se tiende a presentar el modo de contratación llave en mano, la modalidad a), como una prueba del atraso tecnológico por parte del país donde se instala la central, sin embargo, debe tenerse en cuenta que este modelo de contrato había surgido como una estrategia comercial de las dos grandes compañías norteamericanas (General Electric y Westinghouse) en los años sesenta para expandir su mercado nacional y abrirse internacionalmente, lo que provocó en el decenio siguiente una guerra de precios insostenible entre ambas compañías, tal y como relatan Walker y Wellock (2010, pp. 25-26):

“Turnkey plants were a financial blow for both companies; their losses ran into the hundreds of millions of dollars before they finally stopped offering turnkey arrangements. One General Electric official commented, “It’s going to take a long time to restore to the treasury the demands we put on it to establish ourselves in the nuclear business.” However, the turnkey contracts fulfilled General Electric’s hopes of stirring interest among, and orders from, utilities. These contracts played a major role in triggering the bandwagon market.”

Los contratos llave en mano sirvieron para expandir el mercado en una primera fase, pero a finales de los años sesenta y principios de los setenta ya no eran viables, ni para las empresas constructoras, ni para las compañías explotadoras. En este sentido, tal y como muestra Acosta Ortega (2023, p. 11), el caso español es representativo de lo que estaba sucediendo. En marzo de 1970, durante la fase de definición del proyecto de la central de Ascó, hubo que decidir el tipo de contrato a realizar. Iberduero proponía abandonar los contratos llave en mano ante la posibilidad de que Westinghouse encareciese el coste real para prevenir posibles riesgos futuros y, a la vez, pudiera reducir los estándares de calidad y promover sólo a sus proveedores preferentes. En el mismo sentido, desde el Ministerio de Industria se indicaba que este tipo de contrato dejaba a las empresas españolas explotadoras de las centrales sin iniciativa durante la construcción. Por tales motivos, se decidió abordar la contratación mediante la modalidad de contrato por componentes.

⁵⁰⁹ Las modalidades b) y c) vendría a equipararse a los proyectos ejecutados en modelos de gestión por componentes indicados por García Rodríguez (2022a, p. 21). Este mismo autor indica en el apartado 1.4 que las empresas norteamericanas que habían ofertado las instalaciones llave en mano pasaron en la mayoría de los países a la contratación por componentes a principios de los años setenta por el encarecimiento provocado por las medidas de seguridad y la regulación de los diferentes Gobiernos.



Estado y desarrollo de los programas de energía nuclear en el mundo en 2023. Fuente: OIEA (2023).

Desde los años setenta en los países con las suficientes capacidades empresariales y tecnológicas en materia nuclear, se generalizaron los contratos de las modalidades b) y c)⁵¹⁰. En estos países, entre los que se encontraba España, la industria local, tal y como relata Novillo Allones (1990), fue haciéndose con una creciente participación en los contratos, hasta ser casi completa de los NSSS (nuclear steam supply system /sistema nuclear de generación de vapor). La escala de producción que se necesita para producir estos sistemas sólo está al alcance de un muy reducido oligopolio mundial. La contratación de los NSSS más la turbina-generador (TG) supone entre un 20 y un 25% del coste de una central. Finalmente, la empresa Bazán fabricaría las TG y ENSA los NSSS con la excepción de los componentes internos y los sistemas de control. Novillo Allones (1990, p. 97) indicaba que, comparando lo que había sucedido con la incorporación de las empresas españolas a la producción de bienes de equipo en el conjunto de la producción de energía, "tal vez sea la industria nuclear una de las que ha conseguido un mayor y más rápido crecimiento en la participación española."

Con respecto a la modalidad d), ésta se fue extendiendo al inicio del siglo XXI, a partir del ejemplo de las centrales de Egipto y los Emiratos Árabes, aunque estos proyectos se iniciaran a finales de los años noventa del siglo pasado. En la base de este modelo de contrato ha estado el problema financiero de la adquisición de los reactores, que han hecho muy difícil que el explotador fuera el propietario final de la planta.

Los contratos por componentes permitían que en los países que ponían en marcha o aceleraban sus programas nucleares sus empresas locales de consultoría-ingeniería, de bienes de equipo y constructoras de grandes

⁵¹⁰ Al internalizar la colaboración internacional y la exigencia de ajustarse a los estándares nacionales e internacionales, en el sector nuclear mundial empezaron a darse procesos organizativos que Locatelli et al. (2012) denominan como de Cadenas de Entrega de Proyectos (*Project Delivery Chains*) coincidentes con las modalidades b) y c) del OIEA.

infraestructuras se incorporaran al proyecto, si contaban con capacidades tecnológicas tanto propias, como para absorber los conocimientos foráneos.

Si en España se pudieron hacer contratos por componentes desde el inicio de los años setenta fue por cuatro razones que permitieron además la integración del sector nuclear en las organizaciones empresariales internacionales, como se ha visto en los capítulos precedentes, y sentaron las bases de la internacionalización del sector desde finales de los años setenta.

La primera razón fue la acumulación de conocimientos en materia nuclear que se remontaba hasta el momento de fundación de la Junta de Energía Nuclear (JEN) al inicio de los años cincuenta, así como al saber hacer adquirido en la fase de contratos llave en mano de las primeras centrales por parte de las empresas auxiliares y las compañías eléctricas españolas.

La segunda razón fue la formación de un buen número de ingenieros especializados en energía nuclear en las escuelas de ingeniería desde mediados de los años sesenta.

La tercera razón fue, tal y como señala Albisu (1986, p. 13), la fijación por parte del Estado de mecanismos de participación de la industria española. Desde el Ministerio de Industria se fijó la participación mínima de la industria española en todos los proyectos de las centrales (los denominados decretos de fabricaciones mixtas), que fue iba del 40% al 70%⁵¹¹. A su vez, el Gobierno facilitó la práctica exención de gravamen aduanero (reducción del 95%) de las partes y componentes que las empresas españolas necesitaban para participar en los proyectos. A estos dos mecanismos se sumó un tercero: la dotación de instituciones adecuadas para en cada momento facilitar el entendimiento y la confianza entre las empresas españolas y los suministradores internacionales, en especial los norteamericanos, en los procesos de transferencia de tecnología. Esto se consiguió al establecer una estructura de promoción y control, basada en el CSN (Consejo de Seguridad Nuclear) y la JEN, similar a la estructura diseñada a mediados de los años setenta en Estados Unidos⁵¹².

La cuarta razón fue la consolidación al inicio de los años sesenta del asociacionismo empresarial en torno a dos instituciones: el Foro Atómico Español (1962), hoy Foro Nuclear, y SERCOBE (Asociación Nacional de Fabricantes de Bienes de Equipo) creada en 1964. Novillo Allones (1990, p. 98) sintetizaba estos argumentos, destacando la labor de SERCOBE:

“Hechos fundamentales para que se produjera esta progresión han sido los decretos de fabricaciones mixtas, la ponderada y eficaz labor de SERCOBE acordando los intereses de fabricantes de bienes de equipo

⁵¹¹ Varley (1982, p. 38) indica que en la primera generación de centrales bajo contratos de llave en mano la participación de las empresas españolas llegó al 66%, y en la segunda generación hasta el 80% de la inversión. Destaca la capacidad de las ingenierías, en especial de Empresarios Agrupados (Eptisa, GHESA y TRSA) y SENER, que ya estaban exportando sus servicios.

⁵¹² En España se siguió el modelo de Estados Unidos, en el cual se crea en 1975 la Nuclear Regulatory Commission (NRC) a partir de la Atomic Energy Commission (AEC). De este modo se separaron los papeles de promoción y regulación, que anteriormente eran ejercidos por la misma autoridad. Para una explicación del caso estadounidense véase Walker y Wellock (2010, pp. 48-49). En España en 1980 se creó el CSN. A la vez que se mantenía la JEN en los ámbitos de la investigación y la promoción hasta su reorganización y cambio de denominación en 1986. Se paliaba así el riesgo de postergar la función de control en favor de la promoción. Albisu (1986, p. 13) resalta que la JEN y el CSN desempeñaron además la función clave de cualificar a los proveedores nacionales de equipos y componentes nucleares, lo que facilitó la expansión internacional del sector.

y sociedades eléctricas, así como la preparación técnica de nuestras ingenierías, que han alcanzado con auténtica rapidez muy elevadas cotas."

Profundicemos en este cuarto aspecto, el de las asociaciones empresariales del sector nuclear, para entender su importancia en el contexto de internacionalización de la industria nuclear española.



Participación de la industria nuclear española en Nuclear Industry China (NIC) 2016, 6 al 9 de abril de 2016 en Pekín. Fuente: Foro Nuclear.

3.3.2. La creación de los Foros de la Industria Nuclear

Durante la segunda mitad del decenio de los cincuenta del siglo pasado, las industrias relacionadas con la energía nuclear en los distintos países productores fueron creando asociaciones nacionales. Inicialmente siguieron el patrón habitual guiado por el objetivo empresarial de constituirse como grupos de presión en defensa de los intereses de su sector económico en sus mercados nacionales. Obviamente, la primera asociación surgió en Estados Unidos: el Atomic Industrial Forum que se constituyó en 1953. Esta asociación dio la pauta a las siguientes: el Forum Atomique Français en Francia a partir de la Association Technique pour la Production et l'Utilisation de l'Énergie Nucleaire (1955), la Association Belge pour le Développement Pacifique de l'Énergie Atomique en Bélgica (1955), la Association Luxembourgeoise pour l'Utilisation Pacifique de l'Énergie Atomique de Luxemburgo (1955), el Forum Italiano Dell'Energía Nucleare en Italia (1958), el Deutsches Atomforum en Alemania (1959) y en Holanda la asociación surgió de la creación de un grupo representativo del sector en

el Reactor Centrum Nederland (1959). A su vez, estos seis países pertenecientes al Mercado Común Europeo iban a crear Foratom (European Atomic Forum, hoy Nuclear Europe) en 1960. Foratom supuso un paso más allá en la cooperación, puesto que implicó reforzar el compromiso del sector nuclear civil europeo con una iniciativa clave de la política de multilateralidad europea: el Tratado Constitutivo de la Comunidad Europea de la Energía Atómica (CEEA o Euratom) que se había firmado en 1957.

La incipiente industria nuclear española, también en buena medida el Estado español, no podían perder la oportunidad de formar parte de este proceso de internacionalización empresarial e integración multilateral. Se abría una ventana de oportunidad única desde dentro, y a la vez desde fuera, para contribuir tanto a la normalización diplomática de España, como a la apertura al exterior de la naciente industria nuclear española. Fue con aquellos objetivos con los que en la reunión de 1961 de Foratom en Munich asistió una delegación española que se transformaría en la Comisión encargada de la creación de lo que sería, poco más de un año más tarde, junio de 1962, el Foro de la Industria Nuclear Española (FAE)⁵¹³. Esta asociación empresarial estuvo presidida en su constitución por José M^a de Oriol (Hidroeléctrica Española) en calidad de presidente de Centrales Nucleares S.A. (CENUSA) y contaba con tres vicepresidentes: Manuel Gutiérrez-Cortines (Electra de Viesgo) como representante de Nuclenor, Jaime Mac Veigh (Tecnatom), Leandro de Torrontegui, por Babcock Wilcox y José María Gaztelu (Instituto Nacional de Industria-INI), (Sánchez Vázquez, 2010, p. 98 y Acosta Ortega, 2022a, p. 41).

El FAE, aún pendiente de aprobación legal en España, ya se había unido a Foratom en su Asamblea General de enero 1962, junto con Austria, Suiza y Portugal, y, lógicamente, los seis países fundadores antes citados. Al año siguiente, 1963, con la celebración de las *I Jornadas Nucleares del FAE* se reunió por primera vez en España el Comité de Dirección de Euratom presidido por Eric Choisy, de la asociación suiza. Al año siguiente, 1964, José M^a Oriol fue nombrado vicepresidente segundo de Foratom. Las *II Jornadas Nucleares* celebradas en 1966 también sirvieron para volver a reunir a los representantes de los otros foros, consolidando a FAE como uno de los socios más activos en la política de coordinación internacional. El interés de FAE por la internacionalización del sector quedó de manifiesto con la organización en Madrid en 1976 del *VI Congreso de Foratom*. España pasaba a ser uno de los organizadores destacados, tras los previos celebrados en Reino Unido, Francia, Italia y Suecia. Fue precisamente a partir de este momento cuando FAE se centró en los problemas que estaban surgiendo en la percepción social y la opinión pública al respecto de la energía nuclear (Sánchez Vázquez, 2010, cap. 6). Para ello contactó con los Foros de Estados Unidos y de Francia, con el objetivo de seguir sus modelos de comunicación (Caro et al, 1996, p. 400). Esta actividad ocupó buena parte del trabajo del FAE en el siguiente decenio. Aunque, en ningún momento se dejó atrás el trabajo de internacionalización, lo cierto es que se puede decir que las empresas españolas iban ganando su prestigio internacional gracias al buen trabajo desarrollado por el sector nuclear en España.

La industria nuclear española estaba viviendo el auge en lo referente a la planificación y construcción de centrales, un proceso que concluiría con la inauguración de Vandellós II y Trillo I en 1988. El periodo que va de 1976 a 1988 supuso un verdadero proceso de acumulación, tanto de saber hacer industrial, como de capital humano. Precisamente, el modo en el que se hizo ese proceso de acumulación de conocimiento nos permite plantear los factores que dan respuesta a la pregunta planteada al inicio del capítulo: ¿cómo y por qué ha surgido este marcado carácter de internacionalización en el sector nuclear español?

⁵¹³ El primer *Boletín* del FAE (1962) recoge la información de los primeros pasos del Foro Atómico Español y la composición de sus órganos directivos



Participación española en la World Nuclear Exhibition (WNE) celebrada en París del 26 al 28 de junio de 2018. Fuente: Foro Nuclear.

3.3.3. Los factores de la internacionalización de la industria española: diversidad, compromiso estatal y apertura tecnológica

Tres factores iban a jugar a favor de la internacionalización de las empresas españolas de servicios y de producción de bienes mientras se estaba dando el proceso de acumulación de conocimientos, habilidades y capital humano en el ámbito nacional.

El primero tiene que ver con la diversidad tecnológica del parque de reactores españoles. Tecnológicamente había terminado concentrándose en los modelos de la firma Westinghouse (presentes en seis centrales). Pero previamente y en paralelo se habían instalado otras tres tecnologías en otras cuatro centrales: la desarrollada en Francia conjuntamente por el Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) y Électricité de France (EDF)⁵¹⁴ (Central de Vandellós I), la alemana liderada por la empresa Kraftwerk Union-KWU (montada en la central de Trillo)

y la otra tecnología de origen estadounidense instalada por General Electric-GE (utilizada en Santa María de Garoña y Cofrentes). Esta diversidad de tecnologías en el parque de centrales hizo que el sector nuclear español, desde la industria auxiliar, hasta los fabricantes de bienes de equipo pasando por las ingenierías, se viera obligado a tener una amplia experiencia sobre el conjunto de la tecnología nuclear. Aquello redundó en una notable adaptabilidad que se revelaría esencial en la dinámica exportadora⁵¹⁵. El modelo español era a la vez especializado y diverso, lo que permitía a sus empresas de bienes y, especialmente a las ingenierías entrar en múltiples mercados⁵¹⁶. García Rodríguez (2022b, p. 101) se refiere a éstas últimas diciendo que las empresas que “han concitado mayor interés en el ámbito internacional han sido las del sector de la ingeniería, precisamente por su papel transversal y de intermediario necesario entre otros muchos actores en los proyectos”⁵¹⁷.

Un segundo factor influyente en la internacionalización del sector, también señalado por García Rodríguez (2022b), fue la implicación del Estado como agente empresarial subsidiario en tres actividades claves. Por una parte, la creación de la Empresa Nacional del Uranio SA (ENUSA) en 1972, con la finalidad de fabricar combustible nuclear; por otra, la fundación de Equipos Nucleares SA (ENSA) en 1973 para la fabricación de grandes componentes de las centrales; por último, en 1984 se uniría a las anteriores la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos SA (ENRESA), especializada en la gestión de los residuos y el desmantelamiento de centrales⁵¹⁸.

⁵¹⁴ EDF en su condición de empresa pública actuaba como agente comercial y posteriormente socio de Hispano Francesa de Energía Nuclear S.A. (HIFRENSA), que fue la empresa instaladora, véase la “Resolución de la Dirección General de la Energía por la que se autoriza en principio a Hispano Francesa de Energía Nuclear SA (HIFRENSA), para instalar una central nuclear de 480 MW, en Vandellós (Tarragona)”, *Boletín Oficial del Estado (BOE)*, núm. 112, de 11 de mayo de 1967, pp. 6294 a 6294.

⁵¹⁵ García Rodríguez (2022a, p. 19) explicita esta idea de la siguiente manera: “La diversificación de tecnologías aplicadas en España, con reactores PWR y BWR y suministradores americanos y alemanes, ha permitido el acceso a tecnologías diversas de gran interés. Este hecho, además de facilitar el mantenimiento del principio de libre competencia, ha ampliado las posibilidades de la industria nacional para participar en los mercados exteriores, así como en proyectos de I+D, en esquemas de colaboración internacional, como son los de Generación IV y el ITER”.

⁵¹⁶ En los capítulos de la segunda parte del presente libro, dedicados a las conexiones internacionales que se crearon entre España y cada uno de los tres países y sus respectivas grandes empresas (Estados Unidos, Francia y Alemania) el lector encontrará en detalle el conjunto de empresas españolas que a la luz de la colaboración en los proyectos fueron adquiriendo los conocimientos y tecnología que les permitirían en los años ochenta salir al mercado exterior.

⁵¹⁷ En el mismo texto, García Rodríguez se refiere, como clave del éxito de la internacionalización, a la combinación del desarrollo de las capacidades de las ingenierías españolas y su papel transversal y de intermediario necesario entre los actores de los proyectos.

⁵¹⁸ La creación de empresas públicas suele llevarse a cabo por razones de subsidiariedad, es decir, cuando la industria privada nacional no es capaz de internalizar todas las tareas y conocimientos de una determinada actividad industrial en un sector, entonces el Estado asume el sobreesfuerzo de crear la correspondiente empresa pública, este sería el caso de ENUSA, ENSA y ENRESA en lo que incumbe al sector nuclear. Cuando se crean las dos primeras de estas empresas al inicio de los años setenta, se estaba finalizando el II Plan de Desarrollo (1968-1971) y concibiéndose el III Plan (1972-1975). Los Planes habían hecho realidad el anhelo de los años veinte de lograr la concertación industrial, más conocida en los años sesenta como planificación indicativa, por la que el Gobierno establecía una serie de acciones concertadas con la iniciativa privada, con el objetivo común de estimular el desarrollo industrial privado, a la vez que el propio Estado podía operar como subsidiario (véase al respecto el texto explicativo de la época de Salas, 1968). Las acciones concertadas permitían atraer al sector nuclear empresas privadas, como CENEMESA (Constructora Nacional de Maquinaria Eléctrica), e incluso implicar a otras empresas públicas en el mismo objetivo, como en el caso de la Empresa Nacional Bazán de Construcciones Navales Militares SA. (Varley, 1982, pp. 39-40) destaca el grado de conocimientos técnicos alcanzados en muy poco tiempo por ENUSA y ENSA:

Esto hacía que el Estado no sólo mirase a la industria nuclear desde su posición de regulador en el mercado nacional, sino que también se preocupase, por una parte, de la compra y abastecimiento de combustible como un operador internacional, y por otra de mantener y dar viabilidad económica a la capacidad productiva instalada en sus empresas dentro y fuera de España. Con todo, el Estado, tal y como señala Albisu (1986, p. 9), al no arrogarse el papel de agente predominante del sector, dejó que las empresas operasen libremente en los mercados internacionales:

“given the structure of Spanish industry where companies are usually privately owned and with them, electric utilities are also in their majority in private hands, all this development [transferencia de tecnología y asistencia técnica del exterior a la vez que colaboración española en proyectos en el exterior], has taken place with relatively little government intervention this having been limited solely to defining the basic ideas, establishing the legal framework, and stimulating initiative by means of incentives and suchlike. It is not surprising that having reached this degree of development, Spanish companies are looking for opportunities to export nuclear equipment and services. The effort has begun to bear fruit in the course of the last five years.”

Por supuesto, la acumulación de tecnología a través de la transferencia, la ayuda técnica y la colaboración internacional fue inseparable del sustrato que en su día supuso todo el conocimiento reunido en la JEN⁵¹⁹. Sin esa base previa el proceso de formación de las tres empresas habría sido, cuando menos, más lento.

En tercer lugar, encontramos que el fenómeno de la creciente exportación estuvo ligado a la coyuntura que se ocasionó tras el accidente de Three Mile Island (TMI), de marzo de 1979⁵²⁰. Aquel percance fue un aldabonazo en todo el sistema nuclear mundial. Las empresas norteamericanas de producción eléctrica, las constructoras de las centrales y las suministradoras de los NSSS entendieron que había que homogeneizar protocolos, procesos de aprendizaje y medidas de seguridad. Todo aquello no sólo suponía organizar un sistema público-privado y mundial de instituciones que lo auspiciasen, tal y como muestran los tres capítulos iniciales de este libro, sino que, sobre todo, había que transferir conocimientos entre empresas, internacionalizar la tecnología y reforzar las dinámicas de compartir el conocimiento técnico, muy en especial en todo lo referido a la

“ENSA represents one of the pinnacles of achievement in Spain's technology transfer programme. Its nuclear manufacturing complex... must be one of the best equipped in the world. [...] it won the contract for manufacturing of the reactor pressure vessel closure head assembly of the Argentinian Atucha 2 KWU PHWR.”

⁵¹⁹ A este acervo también cabría añadir los conocimientos que el sector de bienes de equipo español había ido acumulando desde principios del siglo XX, en especial en lo referente a producción de energía, donde, además, las inversiones de multinacionales como AEG (Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft), General Electric o Westinghouse, habían sido ya muy notables, dando origen a empresas como la Compañía General Madrileña de Electricidad fundada en 1889 y vinculada a AEG (Loscertales, 2002); CENEMESA, fundada en 1930 por el consorcio formado por Sociedad Española de Construcciones Electromecánicas (SECEM), el Banco de Bilbao, la Sociedad Española de Construcción Naval (SECN), Westinghouse y Le Materiel Electrique (Tamames y Becker, 1991, p. 151) o General Eléctrica Española S.A. fundada en 1929 por General Electric. Bartolomé (2007) ofrece un completo panorama de las empresas extranjeras de fabricación de bienes de equipo para las centrales eléctricas que se instalaron en España antes de la Guerra Civil.

⁵²⁰ El suceso de Three Mile Island tuvo como consecuencia la creación de INPO (Institute of Nuclear Power Operators) en Estados Unidos. Véase la nota 128 en Acosta Ortega (2022a, p. 55). El de Chernóbil llevó a la constitución de WANO (World Association of Nuclear Operators). Ambas instituciones se crearon para compartir experiencias con el objetivo de mejorar los estándares de seguridad, véase al respecto el capítulo que Matilde Pelegrí dedica a estas dos asociaciones en el presente libro.

seguridad y el control del conjunto de las instalaciones, a través de una mayor formación de los responsables de la gestión cotidiana de todas las tareas⁵²¹.

Tenemos por tanto tres factores que debemos tener en cuenta: a) la diversidad de tecnologías conocidas que concurren en el sector nuclear español, b) el compromiso empresarial del Estado tanto en el aspecto de la inversión en investigación como en el desarrollo de empresas públicas y c) la apertura de las empresas internacionales líderes a la hora de compartir conocimientos para salvaguardar la seguridad de las instalaciones, factor este último que refuerza el peso de las dos características del sector nuclear en el mundo que se señalaron al inicio del capítulo. Estos tres factores permitieron al sector nuclear fortalecer la conexión entre investigación e industria. Se finalizó, por primera vez desde la II Guerra Mundial de una manera completa y en todo un sector industrial concreto, el ciclo que va del laboratorio al mercado y viceversa, permitiendo la transferencia e intercambio de conocimientos y especialistas entre organismos, centros de investigación y las empresas privadas⁵²². Esta capacidad ya fue percibida por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) a finales de los años sesenta, al sostener que la acción combinada de la investigación en los centros estatales y en las empresas públicas a la vez que en las privadas creó por primera vez en España las bases de un sector industrial completo técnicamente avanzado a nivel internacional⁵²³. Serían precisamente esas capacidades las que permitirían la plena internacionalización competitiva un decenio después.

Sobre los tres factores citados (diversidad, compromiso estatal y apertura tecnológica) la coyuntura económica de la crisis del petróleo se superpuso en 1975, causando que la tasa de inversión industrial se derrumbara en la economía española ese mismo año. Al año siguiente, en 1976, la tasa de inversión pasó a ser nula. En tres años había desaparecido la creación de nuevas industrias e infraestructuras, permaneciendo tan sólo la inversión en actividades de mantenimiento y reparación. El punto más bajo se alcanzó en 1979, cuando la facturación nacional del conjunto del sector de bienes de equipo resultó ser inferior al 40% con respecto a 1974. Ante esta situación los analistas del momento entendían que la única opción para el sector de bienes de equipo era la exportación. De hecho, no les faltaba razón. En 1981, tras la destrucción empresarial y la nula inversión nacional, la exportación en dicho sector ya representaba el 60% de la facturación y al año siguiente se había recuperado la cifra alcanzada en la facturación total previa a la crisis, aunque no de manera estable y plena, pues hay que tener presente el proceso de fuerte y creciente inflación que vivió la economía española hasta finales de los años ochenta⁵²⁴. En cualquier caso, el sector de los bienes de equipo había demostrado una capacidad de recomposición de su cartera de pedidos notable, aspecto que era sobresaliente entre las empresas especializadas en los bienes de equipo nucleares gracias a los tres factores antes señalados. Ahora bien, a esos factores había que añadir una fortaleza intrínseca que se había ido creando a lo largo del tiempo: la acumulación de capital humano científico y tecnológico y su correspondiente acervo de conocimientos.

⁵²¹ Este proceso pudo observarse en los apartados 4 y 5 del capítulo dedicado a Estados Unidos de Joseba De la Torre y Mar Rubio-Varas en el presente libro.

⁵²² Este proceso ha sido indicado por Rubio-Varas y De la Torre (2018) para el sector nuclear. A nuestro juicio, en este sector se rompía por primera vez la dinámica en la que se había asentado el boom económico de la industrialización del desarrollismo. Aquella industrialización tecnológicamente había sido hasta el momento dependiente, por un lado, de la transferencia de tecnología y, por otro, de la necesidad de acumular divisas a través de la exportación de productos industriales intermedios (principalmente del sector químico y siderometalúrgico) de complejidad tecnológica media, dejando en un plano muy secundario la I+D propia, Cebrián y López (2019).

⁵²³ OECD (1971), pp. 25, 32 y 64.

⁵²⁴ SNE (1983a) y Kaibel (1988).

3.3.4. El capital humano: factor de éxito para la internacionalización empresarial

Esta doble acumulación se remontaba a la formación y crecimiento de la JEN en los años cincuenta y a la especialización que se ofrecía en buena medida a través del Instituto de Estudios Nucleares que dependía de ella. Esto permitió que desde mediados de los años setenta se contase con varias generaciones de científicos e ingenieros altamente especializados en la física y la tecnología nuclear que, por norma, habían realizado estudios de especialización en universidades y centros de investigación y de desarrollo industrial ligados a la energía nuclear, principalmente de Estados Unidos y, en segundo término, de Europa⁵²⁵. Además de ocupar puestos en las empresas, la Administración y la JEN (convertida en el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas - CIEMAT en 1986)⁵²⁶ una parte sustancial ingresaba o regresaba a los puestos docentes en las facultades y escuelas de ingeniería, de modo que la base formativa era de alta calidad para un amplio número de licenciados e ingenieros especializados en física e ingeniería relacionadas con la industria nuclear.

Esta acumulación de conocimiento no solo sería la base para dar una respuesta al inicio de la salida al exterior a finales de los años setenta por parte de las empresas, sino que también actuó como una fortaleza clave al comienzo de los años noventa, de modo que podemos establecer dos fases de la internacionalización.

La primera fase sería la que ocurrió a finales de los años setenta. Como se ha indicado, estuvo condicionada por la crisis del petróleo de 1973. Esta crisis no sólo redujo la tasa de inversión nacional, sino que vino acompañada de tres devaluaciones de la peseta en 1976, 1977 y 1982, de modo que el cambio con el dólar norteamericano pasó de estar a 65 pesetas a las 152. Como resultado de aquello las exportaciones se vieron favorecidas, especialmente si tenían un alto componente de trabajo cualificado como factor constitutivo de

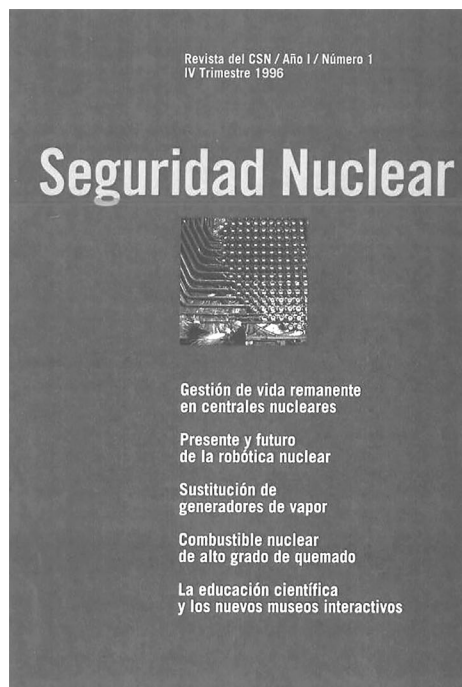
⁵²⁵ SNE (1983b). Como caso representativo de los primeros procesos de internacionalización de los ingenieros en este sector a finales de los años sesenta, puede mostrarse la trayectoria de Adolfo González de Ubieta, quién tendría un elevado puesto de responsabilidad en WANO. González de Ubieta termina la carrera de ingeniero industrial en 1965 con una estancia de cuatro meses en la empresa eléctrica estadounidense Portland General Electric (Oregon). Entre octubre de 1967 y junio de 1968 realiza, junto con otros veinte ingenieros y físicos de empresas eléctricas españolas, el curso de Ingeniería Nuclear en el Instituto de Estudios Nucleares de la JEN. En octubre de 1968 se incorpora a la División Nuclear de General Electric en San Jose (California), donde primero estuvo en el Departamento de Estudios de Seguridad / *Safety Analysis Reports* y después, en el de Arranque Nuclear como *startup nuclear engineer*, siendo uno de los cuatro ingenieros nucleares del equipo de arranque de la central de Oyster Creek, cerca de Toms River (New Jersey). La autoridad regulatoria, AEC, decidió interrumpir el proceso de arranque de esta central, para que se rehiciera el radiografiado de las tuberías principales primarias, por lo que este equipo humano fue transferido en septiembre de 1969 a la central de Nine Mile Point 1, en Oswego (cerca de Syracuse, Upstate New York), donde, durante los siguientes seis meses, llevó a cabo el programa completo del arranque de la central (la cual sigue en operación a día de hoy, siendo la central nuclear estadounidense más antigua en servicio, con 54 años). En marzo de 1970, tras año y medio en Estados Unidos, se incorporaría al departamento de arranque de la central de Santa María de Garoña, y participaría, entre 1971 y 1973, en el equipo de evaluación de ofertas y negociación con el adjudicatario (Westinghouse) de la seis grandes unidades de las centrales de Almaraz, Ascó y Lemóniz.

⁵²⁶ Como se ha indicado, en 1980 a partir de la estructura inicial de la JEN se desgajó la función de regulación creándose el CSN. El resto de las funciones permanecieron en la JEN, hasta que en 1986 pasó a centrarse en los aspectos de investigación, con la creación del CIEMAT, dejando la promoción a las asociaciones del sector privado como el Foro Nuclear.

su valor, a la vez que la crisis reducía muy significativamente las posibilidades de inversión industrial en España⁵²⁷.

Ricardo Novillo, directivo de SERCOBE, indicaba que la distancia salarial entre un ingeniero norteamericano y uno español era de un 25% antes de la crisis, mientras que en 1983 comparativamente era tres veces más⁵²⁸. Esto hacía que los proyectos de instalaciones y servicios tecnológicos españoles fueran muy competitivos incluso en los mercados de alta tecnología y especialmente en terceros países donde las grandes empresas internacionales querían entrar. En realidad, el relativo bajo precio de la ingeniería y la tecnología de bienes de equipo españolas de la industria nuclear fue rápidamente observado por las grandes empresas de los países altamente desarrollados, como Estados Unidos y Alemania. Las empresas de estos países veían como la fortaleza de sus monedas hacía que sus servicios y bienes fueran crecientemente caros para los países emergentes o en desarrollo que habían apostado, ya antes de la crisis del petróleo, por programas de instalación de centrales nucleares, como eran los casos de Argentina, Brasil, México, Corea del Sur, Turquía, Yugoslavia, Israel y Egipto⁵²⁹. Así que la “capacidad sobrante” de España podía transferirse hacia aquellos países a precios muy competitivos. Esta estrategia fue seguida tanto por KWU en Argentina, como por Westinghouse en México y Egipto. En ambos casos las dos firmas internacionales operaban como suministradores principales y crearon consorcios con empresas españolas, hasta el punto de que KWU llegó a reunir una cadena de contratación de veinticinco empresas españolas a la hora de desarrollar sus proyectos de Egipto, Turquía y Yugoslavia⁵³⁰.

Para entender las capacidades desarrolladas por las empresas españolas ya se ha indicado que había tenido lugar desde los años setenta una notable acumulación de capital humano, y se ha indicado la importancia del es-



Portada del primer número de la revista *Seguridad Nuclear* del CSN. Fuente: CSN.

⁵²⁷ La crisis internacional de 1973 se retrasaría en el caso español hasta 1975, al menos en lo que se refiere al precio de los derivados del petróleo, ya que fueron subvencionados. La crisis afectó notablemente a las previsiones mundiales de crecimiento de la industria en general y de la nuclear internacional de forma inmediata, reduciéndose en al menos una tercera parte la previsión de construcción de centrales en el mundo, Acosta Ortega (2022a, p. 61), lo que llevó al cierre o transformación de un buen número de empresas del sector en todos los países con capacidades industriales en el sector nuclear.

⁵²⁸ SNE (1983a).

⁵²⁹ Acosta Ortega (2022b, p. 80) detalla que Westinghouse junto con un consorcio de empresas españolas preparó una oferta para dos centrales en México, a la que también se presentó General Electric con el consorcio liderado por Empresarios Agrupados. Estos proyectos no salieron adelante por falta de financiación en México. En Egipto también Westinghouse en consorcio con Mitsubishi y empresas españolas se presentaron para construir la central de El Dabaa, pero no les fue adjudicada, tal y como referencia Acosta Ortega (2022b, p. 80), quien también señala que lo mismo ocurrió en Israel en 1985 y en Turquía. Véase también SNE (1983a).

⁵³⁰ Bechhold y Böhm (1986) y Acosta Ortega (2022b).

fuerzo en investigación por parte del Estado a través de la JEN, ahora bien, en esta fase de internacionalización fue fundamental la I+D realizada desde el inicio de los años ochenta por parte de las empresas con el estímulo del Estado. El esfuerzo privado se remonta a 1980, cuando se creó el programa PIU (Plan de Investigación de UNESA). Se partía del Real Decreto 1486/80 de 18 de julio de 1980 por el que las compañías eléctricas debían invertir el 0,3% de sus ventas en I+D⁵³¹. Esto suponía una cifra de unos 50 millones de dólares norteamericanos. A la partida destinada a investigaciones en energía nuclear le correspondía el 15%. El PIU era una copia de un programa similar que se había iniciado en Estados Unidos en 1973 de la mano del EPRI (Electric Power Research Institute). Siguiendo el modelo de EPRI una buena parte de aquel dinero fue al centro de investigación español en temas de energía: el CIEMAT. Pero la mayoría de los fondos fue captada por las grandes empresas de ingeniería y bienes de equipo, tales como Tecnatom, Empresarios Agrupados, ENUSA, ENRESA y ENSA, que eran las colaboradoras de las grandes suministradoras de energía⁵³². A aquellas relativamente grandes firmas de ingeniería se unieron compañías pequeñas y muy especializadas, que irían conformando el sector y sus señas de identidad, marcando los dos aspectos característicos: internacionalización y esfuerzo en I+D.

Sin embargo, esta fase de acumulación de conocimientos y capital humano, a la vez que de apertura, fue decreciendo debido a que las moratorias nucleares se extendieron por el mundo y a que las tasas de inversión en centrales nucleares de los países no tan desarrollados se redujeron. Los planes de construcción de nuevos reactores se suspendieron o, simplemente, se concluyeron. Ahora bien, a la vez que esto sucedía también estaba el crecimiento lógico de los segmentos dedicados al mantenimiento, la mejora de la seguridad y la necesidad de almacenamiento de los residuos, tanto dentro de España como fuera⁵³³.

A mediados de los años ochenta se asiste a un nuevo momento crítico para el sector nuclear español, pues la demanda exterior estaba disminuyendo, mientras que las empresas habían elevado su capacidad tecnológica. Kaibel (1988, p. 4) indicaba que las exportaciones de bienes de equipo españolas iban a países en desarrollo que desde 1986 estaban en una situación crítica financiera sin capacidad para asegurar las inversiones, lo que había llevado a tener que suspender grandes proyectos. En esta coyuntura, se inició la segunda fase de internacionalización, basada en buena medida en la colaboración internacional en proyectos de I+D.

Esta segunda fase estuvo liderada por la OECD, el EPRI, la USNRC (US Nuclear Regulatory Commission), Euratom y la Comunidad Europea. Estas organizaciones ya habían previsto que el sector nuclear iba a crecer poco y se fijaron entre sus objetivos que el mayor número posible de científicos, ingenieros y tecnólogos del

⁵³¹ Real Decreto 1486/1980, de 18 de julio, por el que se establecen nuevas tarifas eléctricas y se dictan criterios de amortización e investigación a las Empresas del subsector eléctrico, *BOE*, núm. 173, de 19 de julio de 1980, páginas 16459 a 16459.

⁵³² García Rodríguez (2022a, pp. 37-38) puntualiza al respecto lo siguiente:

“Las empresas de ingeniería seleccionadas para los distintos proyectos fueron Bechtel, con sus oficinas principales en California, y Gibbs&Hill Inc. localizada en Nueva York. Las ingenierías españolas que de manera relevante se incorporaron al programa nuclear fueron: Eptisa, GHESA y TRSA (que se agruparon a largo plazo para ello, creando Empresarios Agrupados), AUXIESA (integrada posteriormente en INITEC), SENER, e INYPSA. Otras empresas del sector participaron también en áreas concretas como consultores, o incluso se crearon años después para aportar servicios de ingeniería sobre todo en apoyo a las centrales en operación, promovidas en su mayor parte por las empresas eléctricas”.

⁵³³ Por ejemplo, en 1986 fue aprobado el informe de los expertos de la Comunidad Europea sobre el proyecto IPES (Instalación Piloto Experimental Subterránea), presentado por ENRESA para la construcción de un laboratorio subterráneo de almacenamiento de residuos nucleares en Aldeadávila (Salamanca).

ámbito de la energía nuclear en el mundo mantuviera una potente actividad tecnológica de investigación y, especialmente, de desarrollo en aquellos ámbitos tecnológicos en los que se preveía que la industria nuclear iba a tener sus retos a principios del siglo XXI: la implementación de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) al control y gestión de las centrales, la termohidráulica, los procesos de degradación de los componentes de los reactores, la gestión integral de los accidentes, los nuevos modelos de reactores y el entrenamiento continuo del personal responsable de la seguridad de las centrales⁵³⁴.

3.3.5. FAE, UNESA, CIEMAT: impulsores de la segunda internacionalización

La Asociación de Empresas de Energía Eléctrica - UNESA - asumió con el FAE esa estrategia que los organismos internacionales citados en el párrafo anterior habían puesto en marcha. Esta implicación explica en parte el éxito que las empresas españolas tuvieron también en esta segunda internacionalización. Ahora bien, existen dos fenómenos específicos que determinaron este segundo proceso de imbricación en proyectos multilaterales. El primero fue el estímulo constante que la construcción de las instalaciones del CERN (European Organization for Nuclear Research) ha supuesto como aliciente para las empresas españolas de bienes de equipo y componentes intensivas en actividad de I+D. En este sentido entre 1983 y 1988 se construyó el Large Electron-Positron Collider (LEP) donde las empresas españolas empezaban a demostrar sus capacidades para ofrecer servicios y productos de elevada calidad.

El segundo componente fue circunstancial. Se trató, de nuevo, de un accidente, el de Chernóbil de 1986.

Chernóbil supuso tanto un serio problema como un reto y, por tanto, una oportunidad. En esta ocasión la colaboración dentro del conjunto del sector nuclear europeo iba a ser compleja, dada la idiosincrasia del sistema económico de la Unión Soviética. Los actores principales iban a ser WANO (World Association of Nuclear Operators) y la Unión Europea.

Como ya se ha indicado en el capítulo sobre INPO (Institute of Nuclear Power Operations) y WANO de Matilde Pelegrí en la presente obra, WANO se gestó a lo largo del año 1987 con el objetivo de crear un órgano mundial donde se pudieran intercambiar experiencias y conocimientos entre las empresas propietarias de centrales, siguiendo el modelo del INPO en Estados Unidos. Se constituyeron a tal efecto cuatro sedes (Atlanta, París, Moscú y Tokio) siendo Adolfo González de Ubieta, como representante de UNESA, presidente del Comité Directivo para la creación del centro de París, quien a su vez sería elegido presidente del Advisory Committee de los centros de París y Moscú y, finalmente, del Project Steering Committee, dedicado a la revisión de las centrales de diseño soviético, especialmente las VVER/ Agua a Presión, en servicio en la URSS y en los países del Centro y Este de Europa.



Países pertenecientes al programa PHARE.

Fuente: EC (1995a, portada).

⁵³⁴ Puga (1993).

Por su parte, la Comisión Europea fue consciente de que se necesitaba apoyar económicamente la modernización de las centrales nucleares de los países que iban a ir adhiriéndose a la Unión Europea, así como de los limítrofes. Esta tarea empezó en 1989 con los procesos de homologación de los estándares de las centrales de producción de energía, sin distinción de la fuente primaria en Polonia y Hungría a través del programa europeo PHARE (Poland and Hungary: Assistance for Restructuring their Economies)⁵³⁵. Las claves del programa residían en la formación del personal en seguridad, la modernización de las instalaciones y el desarrollo de tecnologías innovadoras. Junto con la iniciativa PHARE se abrió en 1991 el programa TACIS (Technical Assistance to the Commonwealth of Independent States) donde participaron Nuclear Electric, NNC y AEA Technology del Reino Unido, Belgatom de Bélgica y Empresarios Agrupados, Tecnatom y ENSA de España. Este programa fue financiado por la Comunidad Europea con 22,5 millones de euros. Estuvo bajo supervisión de Euratom y su objetivo fue mejorar la seguridad nuclear de las centrales existentes en la recién formada CEI (Comunidad de Estados Independientes)⁵³⁶. Finalmente, en 1992 a iniciativa de las empresas eléctricas se creó TPEG (Twinning Program Engineering Group), para poner a disposición de los programas de seguridad nuclear PHARE y TACIS la experiencia de las compañías situadas en el lado occidental de Europa⁵³⁷. El TPEG y el WANO PC-MC Advisory Committee, formado por representantes de las eléctricas de la parte occidental de Europa (Paris Centre-PC) y de las situadas más al Este (Moscow Centre-MC), trabajaron en estrecho contacto con la Comisión Europea y puede decirse que la implicación española en este sentido fue notable. UNESA fue la institución española representante en el TPEG, pasando después el mandato a la asociación DTN (Agrupación Eléctrica para el Desarrollo Tecnológico Nuclear). Las empresas eléctricas europeas colaboraron en la identificación de proyectos y en su seguimiento mediante el WANO PC-MC Advisory Committee, con presencia en el mismo de los *Chief Engineers* de las centrales del Este y de los ingenieros residente de las eléctricas europeas occidentales en esas centrales (como Manuel Ibáñez, de UNESA, en la central de Ucrania del Sur, cerca de Odesa)⁵³⁸.

A la vez que estos proyectos se llevaban a cabo, en el CERN se inició en 1989 la fase de construcción de la infraestructura del Large Hadron Collider (LHC) que se extendería hasta 2001. Esta nueva infraestructura redobló el aliciente para que la industria española se incorporase al proyecto y se internacionalizara plenamente. En este proceso de construcción participaron setenta empresas españolas y España ocupó el quinto lugar entre los países participantes en lo referido a retornos industriales. Desde 1998 hasta 2012, las empresas españolas obtuvieron contratos del CERN por valor de 252 millones de euros (SINC, 2013). La actividad de construcción de las instalaciones de los diferentes detectores de partículas en el CERN ocupó a las empresas españolas hasta 2008, año en el que empezó el conjunto a funcionar, pero no sería hasta el año siguiente que lo haría

⁵³⁵ Polonia ni tenía ni tiene centrales nucleares, pero la implementación de mejoras y el desarrollo de innovaciones en sus importantes centrales térmicas de carbón se establecieron como objetivos a conseguir en este programa.

⁵³⁶ A su vez el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) español participó en los proyectos de asistencia reguladora financiados con cargo a TACIS, para los países del Centro y Este de Europa que no pertenecían a la UE, y en PHARE para los Estados candidatos a la ampliación de la UE.

⁵³⁷ Nuclear Engineering International (1999) "EU withdraws support for TPEG", <https://www.neimagazine.com/news/newseu-withdraws-support-for-tpeg>. El programa TACIS estaba destinado a mejorar las centrales en las tres principales repúblicas de la ya extinta URSS; Rusia, Bielorrusia y Ucrania. El programa PHARE se centraba en las centrales que funcionaban en Hungría, Bulgaria, República Checa, Eslovaquia y Lituania, e incluía todos los sectores industriales en los casos de Polonia, Hungría, Rumania, Estonia y Letonia.

⁵³⁸ Agradecemos la cortesía de Adolfo González de Ubieta, quien nos ha proporcionado la información para este párrafo.



Países pertenecientes al programa TACIS (Technical Assistance to the Commonwealth of Independent States): Armenia, Azerbaiyán, Bielorrusia, Georgia, Kazajstán, Kirguizistán, Moldavia, Mongolia, Uzbekistán, Rusia, Turkmenistán, Tayikistán y Ucrania.

Fuente: EC (1995b, portada).

plenamente. Los experimentos se sucedieron hasta anunciar en 2012 que se había descubierto una partícula consistente con el bosón de Higgs.

Además de la participación en las instalaciones para los experimentos del CERN en el año 2000 España se incorporó al proyecto INPRO (International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles) junto con Argentina, Canadá, China, Alemania, India, Rusia, Suiza, Holanda y Turquía, y auspiciado por el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA). A esta iniciativa se sumó la colaboración de varias empresas españolas en VI Programa Marco de Euratom (2002-2006). A estas acciones hay que añadir que se estaba discutiendo el emplazamiento del ITER. Una de las posibilidades era Vandellós, pero esta localización terminaría siendo desechada en 2003 en favor de Cadarache en Francia. En 2004 las empresas españolas también cooperaron en el proyecto de la planta nuclear Lungmen en Taiwan y siguieron entrando en los proyectos de investigación de EPRI (Foro Nuclear, 2004).

La implicación del sector nuclear español no sólo se limitó a las relaciones con las instituciones mundiales y europeas. El fuerte crecimiento del del programa nuclear en China llevó a que las empresas ENSA, ENUSA, Ringo Válvulas y Tecnatom del Foro Nuclear constituyeran en 2006 el Spanish Nuclear Group for Cooperation (SNGC), que desde entonces ha operado a modo de clúster del sector nuclear, con el objetivo principal de abordar de forma conjunta el emergente mercado chino. En 2008 se unió al grupo la empresa Nuclear Group for China AIE con una participación en el capital del 25%. El consorcio pasó a denominarse Spanish Nuclear Group for Cooperation AIE, utilizando la marca comercial Spanish Nuclear Group/China (Palacios, 2013).



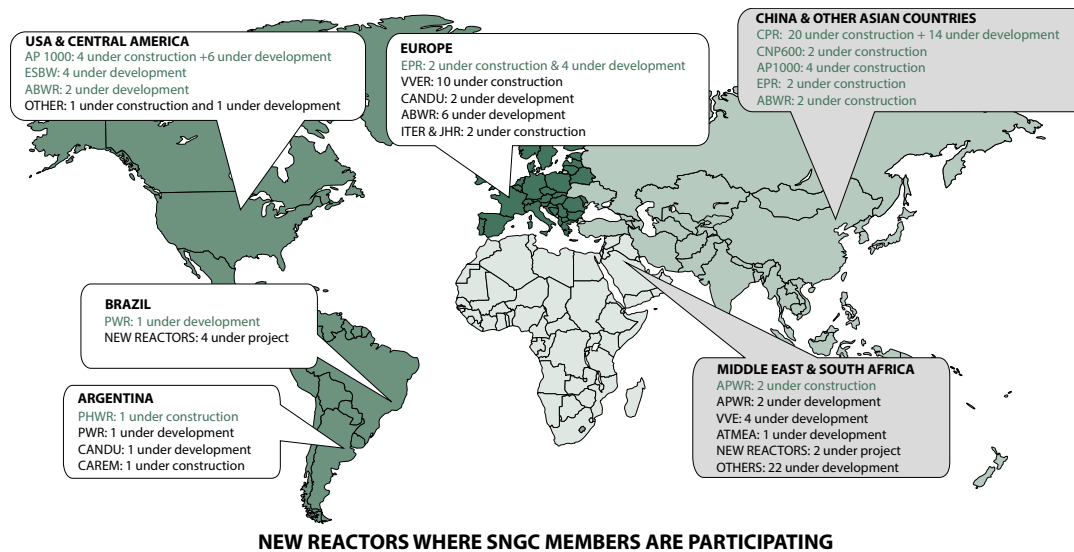
Segunda exposición industrial Spain@CERN, organizada por CDTI. 56 empresas españolas compartieron su experiencia y conocimientos con los técnicos del CERN. 13 y 14 de noviembre de 2018, CERN (Ginebra, Suiza). Fuente: CERN.

La entrada en el mercado chino y la participación en los programas europeos por parte de las empresas españolas ha demostrado la plena internacionalización y capacidad de cooperación del sector⁵³⁹. En este sentido, la apuesta de las empresas españolas por integrarse en los proyectos de I+D europeos y la presencia en Asia han sido clave para que en 2007 se obtuviera la sede para la ciudad de Barcelona del Fusion for Energy (F4E), que es el organismo de la Unión Europea para gestionar su participación en el proyecto ITER. ITER ha pasado a ser el quinto proyecto mundial de inversión en infraestructuras de investigación, tras los históricos programas Apolo, la Estación Espacial Internacional, el Proyecto Manhattan y el desarrollo del sistema GPS.

La industria española ha conseguido un buen retorno de la inversión hecha por el Estado español en esta infraestructura, alcanzando en 2015 la tercera posición del ranking de contratación de F4E (Fusion for Energy) y la segunda en el caso de IO (Iter Organization), tal y como indica el CDTI (Centro para el Desarrollo Tecnológico y la Innovación):

“La industria nacional ha conseguido licitaciones multimillonarias para el desarrollo de los materiales de la primera pared del ITER; diagnósticos que monitorizan lo que ocurre dentro de la cámara de vacío; desarrollo de fuentes de potencia; soportes internos para diagnósticos y servicios eléctricos; ensamblaje de la

⁵³⁹ En el informe de 2012 Foro Nuclear citaba el conjunto de organismos internacionales con los que la industria española tenía participación en sus proyectos: la Asociación Mundial de Operadores Nucleares (WANO), el Instituto de Operaciones Nucleares de Estados Unidos (INPO), el Instituto de Energía Nuclear de Estados Unidos (NEI), el Instituto de Investigación Eléctrica (EPRI), la Agencia de Energía Nuclear (AEN) de la OCDE y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) de las Naciones Unidas. Foro Nuclear (2012, p. 36).



Participación de las empresas del SNGC en reactores en el mundo en 2013. En verde en el texto proyectos con participación de empresas españolas. Fuente: Palacios (2013, fig. 7).

cámara de vacío y de sistemas y componentes del Tokamak y obra civil. Además, también se han obtenido otros contratos menores en mecánica de precisión, diseño, diagnósticos y control. Además, el CDTI, en colaboración con el CIEMAT y el CERN, está desarrollando el Programa de Imanes Superconductores de Muy Alto Campo (PRISMAC)". (CDTI, 2022).

En el mismo sentido, el informe de *Resultados y perspectivas* de 2014 del Foro Nuclear remarcaba que las empresas suministradoras de sistemas nucleares con filiales en España (Areva, GE-Hitachi y Westinghouse)

"trabajan mediante acuerdos con empresas españolas con las que han desarrollado fuertes vínculos tecnológicos. Esto ha supuesto un marco de mutuo beneficio, mediante el cual la industria española ha podido participar en el desarrollo de proyectos nucleares en todo el mundo. (...) son capaces de participar de forma eficiente en mercados internacionales sometidos a un proceso de creciente integración, globalización y aumento de la competencia". (Foro Nuclear, 2014, p. 47).

También indicaba dicho informe que el 80% de la producción de los bienes de equipo para nucleares se exportaba. El informe iba repasando una a una las empresas del sector y en su conjunto se podría decir que en todos los países donde se estuvieran construyendo centrales y en cualquier gran infraestructura de investigación relacionada con la energía, en especial el ITER, las empresas españolas de ingeniería y bienes de equipo estaban presentes (Foro Nuclear, 2014, p. 47-51).

La estrategia de internacionalización no varió de 2015 en adelante. Los informes sobre la industria nuclear del Foro Nuclear de esos años nos ofrecen empresa por empresa los nuevos contratos internacionales que van ganando. En este periodo la relación 25% mercado nacional, 75% mercado exterior casi es la norma de todas

las compañías y el informe de *Resultados y perspectivas de 2020* indica que la crisis sanitaria no modificó esta tendencia, (Foro Nuclear, 2020, p. 82)⁵⁴⁰.

En 2021 la industria española había conseguido más de 148 millones de euros para la construcción del Tokamak (cámara toroidal con bobinas magnéticas) en el ITER y durante los años que van de 2006 a 2021 había retornado más de 1.622 millones de euros procedentes de las grandes instalaciones científicas internacionales principalmente relacionadas con la física y en particular con la fusión. Estos fondos han sido gestionados por el Ministerio de Ciencia e Innovación a través del CDTI (CDTI, 2022).

Todo este proceso de participación empresarial y, en paralelo, el de las instituciones de investigación a la hora de diseñar y realizar los ensayos, han conducido a que al inicio de 2023 se decidiera comenzar la construcción en Escúzar (Granada) de la infraestructura científica IFMIF-DONES (International Fusion Materials Irradiation Facility - Demo Oriented Neutron Source), cuyos objetivos se centran en el desarrollo de materiales que serán utilizados en la construcción del futuro prototipo de reactor de fusión nuclear. Este prototipo será el que en torno al año 2030 sucederá al ITER⁵⁴¹. El proyecto IFMIF se desarrolla bajo el auspicio de la Agencia Internacional de la Energía (IEA, por sus siglas en inglés) y surge de la iniciativa conjunta de Francia, Alemania, Italia, Suiza, Bélgica, Japón y España (SINC, 2023). El hecho de conseguir atraer esta infraestructura hacia España es el mejor símbolo de una tradición por la investigación que nació desde los tiempos de la JEN, pero sobre todo es la demostración de la capacidad de las empresas españolas por competir desde finales de los años ochenta del siglo pasado en los mercados internacionales.



Reunión del segundo Comité Directivo de DONES, máximo órgano de gobierno del Programa de Fusión DONES, Granada, 26 de octubre de 2023. Fuente: IFMIF-DONES.

⁵⁴⁰ En el mismo sentido el informe de 2022 también indica que la Guerra de Ucrania tampoco ha representado para las empresas españolas una merma de su actividad o pérdida de contratos en el extranjero, Foro Nuclear (2022b, p. 95).

⁵⁴¹ Para más información véase IFMIF-DONES España <https://ifmif-dones.es/es/ifmif-dones-espana/>

REFERENCIAS

- ACOSTA, Faustino (2022a), "Contexto institucional del desarrollo de la industria nuclear española", en Faustino Acosta, coord., *El desarrollo de la industria nuclear en España. Contexto y retos empresariales*, Madrid, Sociedad Nuclear Española, pp. 39-64.
- ACOSTA, Faustino (2022b), "La coordinación industrial", en Faustino Acosta, coord., *El desarrollo de la industria nuclear en España. Contexto y retos empresariales*, Madrid, Sociedad Nuclear Española, pp. 65-86.
- ACOSTA, Faustino (2023), "Spreading Nuclear Energy in Southern Europe: The Large Projects in Catalonia", *Revista de Historia Industrial*, early view disponible en: <https://doi.org/10.1344/rhiihr.39243>
- ALBISU, Francisco (1986), *Seminar on supporting industrial infrastructure requirements and development for nuclear power*, IAEA-SR 124/15, Vienna, 14-18 April, Viena, IAEA.
- BARTOLOMÉ, Isabel (2007), "La industria eléctrica en España (1890-1936)", *Estudios de historia económica*, 50, Madrid, Banco de España.
- BECHHOLD, E. y BÖHM, B (1986), "La empresa Kraftwerk Union (KWU)", *Nuclear España. Revista de la SNE*, 39, pp. 93-101.
- BECK, Ulrich (1992), *Risk Society. Towards a New Modernity*, London, Sage.
- BONNEUIL, Christophe y FRESSOZ, Jean-Baptiste (2015), *The shock of the Anthropocene: the Earth, History and us*, London/New York, Verso.
- BURRIEL, J.M. (1987). "Programa de investigación y desarrollo nuclear del sector eléctrico", *Nuclear España. Revista de la SNE*, 57, pp. 48-52.
- CARO, Rafael et al. (1995), *Historia nuclear de España*, Madrid, Sociedad Nuclear Española.
- CEBRIÁN, Mar y LÓPEZ, Santiago M. (2019), "El juego de las divisas en el diseño de las políticas de ciencia, tecnología e innovación en el desarrollismo español (1959-1973)", en Lorenzo Delgado y Santiago M. López, eds., *Ciencia en transición: El lastre franquista ante el reto de la modernización*, Madrid, Sílex, pp. 133-157.
- CDTI (2022), "Las empresas españolas obtienen más de 192 millones de euros en contratos para las grandes instalaciones científicas", *PERSPECTIVACDTI.ES – Revista digital de innovación empresarial*, Sección noticias, 10 de marzo, <https://1343.plexus.services/noticias/las-empresas-espanolas-obtienen-mas-de-192-millones-de-euros-en-contratos-para-las-grandes>
- DOMÍNGUEZ, Luis A. et al. (1987), "Impacto tecnológico de las altas energías en el sector fabricante de bienes de equipo", *Nuclear España. Revista de la SNE*, 55, pp. 28-35.
- EC - European Commission (1995a), *Phare Informe anual de 1994*, Brussels, EC (1995b), *Tacis Annual Report 1994*, Brussels, EC.
- FAE - Foro Atómico Español (1962), *Boletín Informativo*, 1, pp. 1-20.
- FORO NUCLEAR (2004), *Resultados y perspectivas nucleares 2004. Un año de energía nuclear*, Madrid, Foro Nuclear, <https://www.foronuclear.org/publicaciones-archivo/resultados-nucleares-y-perspectivas-de-futuro-archivo/>

FORO NUCLEAR (2012), *Resultados y perspectivas nucleares 2012. Un año de energía nuclear*, Madrid, Foro Nuclear, <https://www.foronuclear.org/publicaciones-archivo/resultados-nucleares-y-perspectivas-de-futuro-archivo/>

FORO NUCLEAR (2014), *Resultados y perspectivas nucleares 2014. Un año de energía nuclear*, Madrid, Foro Nuclear, <https://www.foronuclear.org/publicaciones-archivo/resultados-nucleares-y-perspectivas-de-futuro-archivo/>

FORO NUCLEAR (2020), *Resultados y perspectivas nucleares 2020. Un año de energía nuclear*, Madrid, Foro Nuclear, <https://www.foronuclear.org/publicaciones-archivo/resultados-nucleares-y-perspectivas-de-futuro-archivo/>

FORO NUCLEAR (2022a), *La industria nuclear española*, Madrid, Foro Nuclear, <https://www.foronuclear.org/wp-content/uploads/2022/11/Monografia-industria-nuclear-espanola.pdf?x13653>

FORO NUCLEAR (2022b), *Resultados y perspectivas nucleares 2022. Un año de energía nuclear*, Madrid, Foro Nuclear, <https://www.foronuclear.org/publicaciones-archivo/resultados-nucleares-y-perspectivas-de-futuro-archivo/>

GARCÍA RODRÍGUEZ, Adolfo (2022a), "Condiciones técnicas que definen el desarrollo de un proyecto nuclear", en Faustino Acosta, coord., *El desarrollo de la industria nuclear en España. Contexto y retos empresariales*, Madrid, Sociedad Nuclear Española, pp. 15-38.

GARCÍA RODRÍGUEZ, Adolfo (2022b), "Las ingenierías en España", en Faustino Acosta, coord., *El desarrollo de la industria nuclear en España. Contexto y retos empresariales*, Madrid, Sociedad Nuclear Española, pp. 87-105.

IAEA (2000), "Economic Evaluation of Bids for Nuclear Power Plants, 1999 Edition" *Technical Reports Series*, 396, Viena, IAEA, https://www.pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TRS396_scr.pdf

IAEA (2023), *Country Nuclear Power Profiles*, Non-serial Publications, Viena, IAEA, <https://www.iaea.org/publications/15486/country-nuclear-power-profiles>

KAIBEL, Enrique (1988), "La empresa española ante la coyuntura de 1988: perspectivas de la inversión: sector bienes de equipo", *LIBE*, febrero, pp. 3-5.

LOCATELLI, Giorgio, MANCINI, Mauro, COCCO, Gianluca y RUZZON, Valentino (2012), "Entering the nuclear power plant supply chain: The France case study", *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, Hong Kong, China, 2012, pp. 1976-1980.

LOSCERTALES, Javier (2002), *Deutsche Investitionen in Spanien 1870-1920*, Stuttgart, Franz Steiner Verlag.

LÓPEZ, Juan Carlos (2023), "El arma secreta de ITER está en España: una soldadura robotizada crucial para el mayor reto tecnológico de Europa", *Xataka*, 5 de abril, <https://www.xataka.com/energia/arma-secreta-iter-esta-espana-soldadura-robotizada-crucial-para-mayor-reto-tecnologico-europa#comments>

NOVILLO ALLONES, Ricardo (1980), "La participación española en el equipamiento de las centrales de energía", *Información Comercial Española*, 91, pp. 91-100.

OCDE (1968), *Science and development. National reports of the pilot-teams. Spain*, París, OECD.

- OCDE (1971), *Reviews of National Science Policy. Spain*, París, OECD.
- PALACIOS, Carmelo (2013), "The Spanish Nuclear Group for Cooperation: A Story of success", *Nuclear España. Revista de la SNE*, 126, 343, pp. 21-26.
- PUGA, José (1993), "UNESA participation international R&D projects in the field of nuclear safety", *Nuclear España. Revista de la SNE*, 341, pp. 39-41.
- RUBIO-VARAS, Mar y DE LA TORRE, Joseba (2018), "American Nuclear Training: científicos, ingenieros y empresarios españoles en los Estados Unidos del desarrollo atómico", en Lino Camprubí, Xavier Roqué, y Francisco Sáez de Adana, eds., *De la Guerra Fría al calentamiento global. Estados Unidos, España y el nuevo orden científico mundial*, Madrid, Catarata, pp. 85-109.
- SALAS, Javier (1968), "El régimen de acción concertada", *Revista de administración pública*, 56, pp. 435-482.
- SÁNCHEZ VÁZQUEZ, Luis (2010), *La legitimación de la energía nuclear en España: el Fórum Atómico Español (1962-1979)*, Tesis doctoral, Instituto de la Paz y los Conflictos, Granada, Editorial de la Universidad de Granada.
- SERVICIO DE INFORMACIÓN Y NOTICIAS CIENTÍFICAS-SINC (2013), "Científicos y empresas transfieren a otros campos la tecnología que llevó al 'higgs'", 24 de junio, Madrid, SINC, <https://www.agenciasinc.es/en/view/content/112412/full/1/47099>
- SINC (2023), "Se pone en marcha la construcción del acelerador IFMIF DONES en Granada", 17 de marzo, Madrid, SINC, <https://www.agenciasinc.es/Noticias/Se-pone-en-marcha-la-construccion-del-acelerador-IFMIF-DONES-en-Granada>
- SNE (1983a), "Análisis del sector español de bienes de equipo", *Nuclear España. Revista de la SNE*, 15, pp. 16-48.
- SNE (1983b), "Conferencia internacional sobre entrenamiento de operadores de instalaciones nucleares. entrenamiento de operadores", *Nuclear España. Revista de la SNE*, 16, pp. 14-36.
- SNE (1994), "Entrevista con Adolfo González de Ubieta", *Nuclear España. Revista de la SNE*, 129, pp. 11-13.
- SNE (1996), "Foratom", *Nuclear España. Revista de la SNE*, 154, pp. 28-29.
- TAMAMES, Ramón y BECKER, Fernando (1991), *La formación económica y política de España*, Madrid, Universi-tas.
- VARLEY, James (1982), "Spain succeeds on the PWR learning curve", *Nuclear Engineering International*, August, pp. 38-41.
- WALKER, Samuel y WELLOCK Thomas R. (2010), *A Short History of Nuclear Regulation, 1946–2009*, North Bethesda (Maryland U.S.), Nuclear Regulatory Commission.

Anexo 1

ARCHIVOS Y CENTROS DE DOCUMENTACIÓN CONSULTADOS

- Archivo Linz de la Transición Española-Fundación Juan March (Madrid).
- Centre des Archives Économiques et Financières (Savigny-le-Temple, Francia).
- Archivo General de la Administración (Alcalá de Henares, Madrid).
- EUI Historical Archives of the European Union (Florencia, Italia).
- U.S. National Archives- Records of the Nuclear Regulatory Commission (College Park, Maryland, Estados Unidos).
- Archives du Commissariat à l'Énergie Atomique (Fontenay-aux-Roses, Francia).
- Archives historiques d'Électricité de France (Blois, Francia).
- Archivo de la Sociedad Estatal de Participaciones Industriales-Registro Histórico del Instituto Nacional de Industria (Madrid).
- Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (Madrid).
- Biblioteca Francisco de Vitoria de la Universidad de Salamanca (Salamanca).
- Centro de Documentación y Biblioteca Central del CIEMAT (Madrid).
- U.S. National Archives and Records Administration-Foreign Office (Maryland, Estados Unidos).
- Archivo del Banco de España-Instituto Español de Moneda Extranjera (Madrid).
- Centre des Archives Diplomatiques-Archives du Ministère des Affaires Étrangères
- Archives Nationales-Centre des Archives Contemporaines de Fontainebleau (Fontainebleau, Francia).
- Generallandesarchiv Karlsruhe (Karlsruhe, Alemania).
- Politisches Archiv des Auswärtigen Amts (Berlín, Alemania).
- Archivo Municipal de Trillo (Trillo, Guadalajara).
- KfW Historisches Konzernarchiv (Berlín, Alemania).
- Archivo Histórico Provincial del Guadalajara (Guadalajara).
- Arxiu Municipal de Vandellòs i l'Hospitalet de l'Infant (Vandellòs i l'Hospitalet de l'Infant).
- *Foreign Relations of the United States* (FRUS), <https://history.state.gov/historicaldocuments>

Anexo 2

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ABACC:	Agencia Argentina-Brasileña de Contabilidad y Control Nuclear.
ACDA:	Arms Control and Disarmament Agency (USA).
ADN:	Allgemeine Deutsche Nachrichtendienst (Agencia de Información y Noticias de la RDA).
AEC:	Atomic Energy Commission (USA).
AECID:	Agencia Española de Cooperación Internacional.
AEEN-AEN:	Agencia Europea de Energía Nuclear (en inglés European Nuclear Energy Agency-ENEA), desde 1972 Agencia para la Energía Nuclear-AEN (Nuclear Energy Agency-NEA).
ANS:	American Nuclear Society.
ENEA:	European Nuclear Energy Agency, desde 1972 Nuclear Energy Agency-NEA.
NEA:	Nuclear Energy Agency.
AEG:	Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft (Compañía General de Electricidad, Alemania).
AMYS:	Asociación para la Medicina y la Seguridad laboral de UNESA.
ANS:	American Nuclear Society.
ANDRA:	Agence Nationale de Gestion des Déchets Radioactifs (Francia).
AQG:	Atomic Questions Group.
ARBI:	Argonaut Reactor Bilbao.
ARGONAUT:	Argonne Nuclear Assembly for University Training.
ARGOS:	Reactor experimental de Barcelona, derivación del Argonaut.
ASEA:	Allmänna Svenska Elektriska Aktieföretaget (Suecia)
ASTEF:	Association pour l'Organisation des Stages de Techniciens Étrangers dans l'Industrie Française.
AUXIESA:	Auxini Ingeniería Española S.A.
B&W:	Babcock & Wilcox.
BBC:	Brown, Boveri & Cie.
BBVA:	Banco Bilbao Vizcaya Argentaria.
BDN:	Banco Dosimétrico Nacional.
BGM:	Biennial General Meeting.
BIRD:	Banco Internacional de Reconstrucción y Desarrollo.
BNDC:	British Nuclear Design and Construction Ltd.
BOE:	Boletín Oficial del Estado.

BOO:	Build, Own and Operate.
BOOT:	Build, Own, Operate and Transfer.
BWR:	Boiling Water Reactor (reactor de agua en ebullición).
CASA:	Construcciones Aeronáuticas S.A.
CCFE:	Culham Centre for Fusion Energy.
CDTI:	Centro para el Desarrollo Tecnológico y la Innovación.
CDU:	Christlich Demokratische Union Deutschlands (Unión Demócrata Cristiana de Alemania).
CEA:	Commissariat à l'Énergie Atomique (Francia).
CEANU:	Comisión de Energía Atómica de la ONU (en inglés, United Nations Atomic Energy Commission).
CECA:	Comunidad Europea del Carbón y del Acero.
CEE:	Comunidad Económica Europea.
CEEA:	Comunidad Europea de la Energía Atómica (Euratom).
CEGB:	Central Electricity Generating Board.
CEI:	Comunidad de Estados Independientes (en ruso, Содружество Независимых Государств).
CENEMESA:	Constructora Nacional de Maquinaria Eléctrica S.A.
CENUSA:	Centrales Nucleares S.A.
CEO:	Chief Executive Officer.
CERN:	Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (en inglés, European Council for Nuclear Research).
CES:	Comité Económico y Social.
CETME:	Čentro de Estudios Técnicos de Materiales Especiales.
CEZ:	Ceské Energetické Závody (Centrales de Energía Checas).
CGN:	China General Nuclear Power Group, anteriormente China Guangdong Nuclear Power Group.
CIA:	Central Intelligence Agency (USA).
CIEMAT:	Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.
CIGÉO:	Centre Industriel de Stockage Géologique (Francia).
CNAT:	Centrales Nucleares Almaraz-Trillo.
CNPI:	Comisión Nacional de Productividad Industrial.
CNRA:	Committee on Nuclear Regulatory Activities-NEA.
COGEMA:	Compagnie Générale des Matières Nucléaires (Francia).
COMINAK:	Compagnie Minière d'Akouta.
COREDIF:	Compagnie de Réalisation d'Usines de Diffusion Gazeuse.
CRPPH:	Committee on Radiological Protection and Public Health-NEA.
CSIC:	Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

CSN:	Consejo de Seguridad Nuclear.
CSNI:	Committee on the Safety of Nuclear Installations-NEA.
CTBT:	Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (Tratado de Prohibición Completa de Ensayos Nucleares).
CVCE:	Centre Virtuel de la Connaissance sur l'Europe.
DAAD:	Deutscher Akademischer Austauschdienst (Servicio Alemán de Intercambio Académico).
DEGUSSA:	Deutsche Gold- und Silber-Scheide-Anstalt (Instituto Alemán de Separación de Oro y Plata).
DEMAG:	Deutsche Maschinenbau-Aktiengesellschaft (Empresa Alemana de Ingeniería Mecánica).
DG RTD:	Directorate-General for Research and Innovation.
DG TREN:	Directorate-General Transport and Energy, European Commission.
DM:	Deutsche Mark.
DONES:	Demo Oriented Neutron Source.
DTN:	Agrupación Eléctrica para el Desarrollo Tecnológico Nuclear.
EAES:	European Atomic Energy Society.
EBRD:	European Bank for Reconstruction and Development (Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo).
EC:	European Commission.
ECURIE:	European Community Urgent Radiological Information Exchange.
EDF:	Électricité de France.
EIASA:	Energía e Industrias Aragonesas S.A.
ENC:	European Nuclear Conference.
ENCD:	Comité de Desarme de las Dieciocho Naciones de la ONU (en inglés, Eighteen Nation Committee on Disarmament).
ENDESA:	Empresa Nacional de Electricidad S.A.
ENEL:	Ente Nazionale per l'Energia Elettrica (Italia).
ENHER:	Empresa Nacional Hidroeléctrica del Ribagorzana.
ENRESA:	Empresa Nacional de Residuos Radiactivos S.A.
ENS:	European Nuclear Society.
ENSA:	Equipos Nucleares S.A.
ENSREG:	European Nuclear Safety Regulators Group.
ENUSA:	Empresa Nacional del Uranio S.A.
EPALE:	Estudios y Patentes de Aleaciones Especiales.
EPR:	European Pressurised Reactor.
EPRI:	Electric Power Research Institute.
ERZ:	Eléctricas Reunidas de Zaragoza.

ESA:	Euratom Supply Agency.
ETA:	Euskadi Ta Askatasuna (País Vasco y Libertad, organización terrorista).
ETSII:	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid.
EU:	European Union.
EURATOM:	Comunidad Europea de la Energía Atómica (CEEA).
EUROCHEMIC:	Sociedad Europea para el Tratamiento Químico de Combustibles Irradiados.
EURODIF:	European Gaseous Diffusion Uranium Enrichment Consortium.
EXIMBANK:	Export-Import Bank (USA)
F4E:	Fusion for Energy.
FAE:	Foro de la Industria Nuclear Española o Foro Atómico Español, hoy Foro Nuclear.
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
FDP:	Freie Demokratische Partei (Partido Democrático Libre, Alemania).
FECSA:	Fuerzas Eléctricas de Cataluña S.A.
FINAS:	Fuel Incident Notification and Analysis System (Sistema de Notificación y Análisis de Incidentes relacionados con el Combustible).
FMI:	Fondo Monetario Internacional.
FORATOM:	Foro Atómico Europeo.
FRAMATOME:	Franco-Américaine de Constructions Atomiques.
GAAA (ó G3A):	Groupement Atomique Alsacienne-Atlantique.
GAO:	Government Accountability Office (USA).
GCF:	Groupement des Constructeurs Français.
GE:	General Electric.
GHESA:	Ingeniería y Tecnología S.A., originariamente Gibbs & Hill Española S.A.
GIF:	Foro Internacional Generación IV.
GKN:	Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale Nederland (Centrales Nucleares Unidas de Países Bajos).
GRS:	Gesellschaft für Anlagen-und Reaktorsicherheit (Sociedad para la Seguridad de Instalaciones y Reactores, Alemania).
HE:	Hidroeléctrica Española.
HECSA:	Hidroeléctrica de Cataluña S.A.
HIFRENESA:	Hispano-Francesa de Energía Nuclear S.A.
HoNESt:	History of Nuclear Energy and Society.
IBERATOM:	Consorcio formado por Empresarios Agrupados, ENSA y Tecnatom.
ICAI:	Instituto Católico de Artes e Industrias.
ICAPP:	International Congress on Advances in Nuclear Power Plants.

ICEX:	Instituto Español de Comercio Exterior.
ICRP:	International Commission on Radiological Protection.
IEA:	International Energy Agency.
IEME:	Instituto Español de Moneda Extranjera.
IFMIF-DONES:	International Fusion Materials Irradiation Facility-Demo Oriented Neutron Source.
ILDEA:	Industrial Latina de Electricidad Aplicada S.A.
INCONTT:	International Conference on Nuclear Technology Transfer.
INDATOM:	Groupement pour l'Industrie Atomique (Francia).
INES:	International Nuclear Event Scale.
INEX:	International Nuclear Emergency Exercises-NEA.
INI:	Instituto Nacional de Industria.
INITEC:	Internacional de Ingeniería y Estudios Técnicos S.A.
INPO:	Institute of Nuclear Power Operators.
INPRO:	International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles.
INSAG:	International Nuclear Safety Advisory.
INSC:	International Nuclear Safety Cooperation.
INTERATOM:	Internationale Atomreaktorbau GmbH (Alemania).
INYPASA:	Informes y Proyectos S.A.
IO:	ITER Organisation.
IPES:	Instalación Piloto Experimental Subterránea.
IPTS:	Institute for Prospective Technological Studies.
IRRS:	Integrated Regulatory Review Service.
IRS:	Incident Reporting System.
IRSRR:	Incident Reporting Systems for Research Reactors.
ISOE:	Information System on Occupational Exposure.
ITER:	International Thermonuclear Experimental Reactor.
JEN:	Junta de Energía Nuclear.
JET:	Joint European Torus.
JIA:	Junta de Investigaciones Atómicas.
JNRC:	Joint Nuclear Research Centre, desde 1969 Joint Research Center-JRC.
JRC:	Joint Research Center.
KFA:	Kernforschungsanlage Jülich (Centro de Investigación nuclear de Jülich), hoy Forschungszentrum Jülich GmbH-FZJ.
KFK:	Kernforschungszentrum Karlsruhe (Centro de Investigación Nuclear de Karlsruhe).
KfW:	Kreditanstalt für Wiederaufbau (Instituto de Crédito para la Reconstrucción, Alemania).

KhNPP:	Khmelnyskyi Nuclear Power Plant.
KIT:	Karlsruher Institut für Technologie.
KWU:	Kraftwerk Union AG.
LABIEN:	Laboratorio de Ensayos e Investigaciones Industriales.
LEP:	Large Electron-Positron Collider.
LHC:	Large Hadron Collider.
LTIEMA:	Laboratorio y Taller de Investigación del Estado Mayor de la Armada.
LWR:	Light Water Reactor (reactor de agua ligera).
MDEP:	Multinational Design Evaluation Programme-NEA.
MIT:	Massachusetts Institute of Technology.
MZFR:	Mehrzweckforschungsreaktor Karlsruhe (reactor de investigación polivalente de Karlsruhe).
NDT:	Non-Destructive Testing.
NfWE:	News from Westinghouse Europe.
NLC:	Nuclear Law Committee-NEA.
NPI:	Nuclear Power International.
NRC:	Nuclear Regulatory Commission (USA).
NRG:	Nuclear Research and Consultancy Group.
NSC:	Nuclear Science Committee-NEA.
NSG:	Nuclear Suppliers Group.
NSSS:	Nuclear Steam Supply System.
NUCLENOR:	Centrales Nucleares del Norte.
NUCNET:	The Independent Nuclear News Agency.
NUKEM:	Nuklearchemie und Metallurgie GmbH.
NUS:	Nuclear Utilities Services Corporation.
NUSS:	Nuclear Safety Standards.
ODS:	Objetivos de Desarrollo Sostenible.
OECE-OCDE:	Organización Europea de Cooperación Económica (en inglés, Organisation for European Economic Co-operation OEEC), desde 1961 Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (Organisation for Economic Co-operation and Development-OECD).
OEEC-OECD:	Organisation for European Economic Co-operation, desde 1961 Organisation for Economic Co-operation and Development-OECD.
OIEA:	Organismo Internacional de Energía Atómica (en inglés, International Atomic Energy Agency-IAEA).
IAEA:	International Atomic Energy Agency.
OIT:	Organización Internacional del Trabajo.

OMM:	Organización Meteorológica Mundial.
OMS:	Organización Mundial de la Salud.
ONU:	Organización de las Naciones Unidas
OPS:	Operating Plant Services Department, Westinghouse Nuclear International-Europe.
ORGEL:	ORGanique Eau Lourde.
OSART:	Operational Safety Review Team.
OTAN:	Organización del Tratado del Atlántico Norte (en inglés, North Atlantic Treaty Organisation-NATO).
NATO:	North Atlantic Treaty Organisation.
PAAG:	Performance Assessment Advisory Group-NEA.
PECO:	Países de Europa Central y Oriental.
PEMO:	Project Engineering Management Office.
PEN:	Plan Eléctrico/Energético Nacional.
PENTA:	Plan de Emergencia Nuclear de Tarragona.
PHARE:	Poland and Hungary: Assistance for Restructuring their Economies.
PHWR:	Pressurized Heavy Water Reactor (reactor de agua pesada a presión).
PIU:	Plan de Investigación de UNESA.
PRISMAC:	Programa de Imanes Superconductores de Muy Alto Campo.
PSG:	Physikalische Studiengesellschaft (Sociedad de Estudios de Física, Alemania).
PTBT:	Partial Test Ban Treaty.
PWR:	Pressurized Water Reactor (reactor de agua a presión).
RAMG:	Regulatory Assistance Management Group, European Commission.
RBMK:	Reactor de condensador de alta potencia (en ruso, Реактор Большой Мощности Канальный).
RDA:	República Democrática de Alemania.
RFA:	República Federal de Alemania.
RWE:	Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG (Centrales Eléctricas de Renania-Westfalia).
RWMC:	Radioactive Waste Management Committee-NEA.
SCRAM:	Safety Control Rod Axe Man.
SE:	Sevillana de Electricidad
SECEM:	Sociedad Española de Construcciones Electromecánicas.
SECN:	Sociedad Española de Construcción Naval.
SEDE:	Site Evaluation and Design of Experiments for Radioactive Waste Disposal.
SEEA:	Sociedad Europea de Energía Atómica.
SEEN:	Société d'Études et d'Entreprises Nucléaires.

SEPI:	Sociedad Estatal de Participaciones Industriales.
SERCOBE:	Asociación Nacional de Fabricantes de Bienes de Equipo.
SINC:	Servicio de Información y Noticias Científicas.
SISC:	Integrated Nuclear Power Plant Supervision System.
SMR:	Small Modular Reactors.
SNCF:	Société Nationale des Chemins de Fer.
SNE:	Sociedad Nuclear Española.
SNGC:	Spanish Nuclear Group for Cooperation
AIE:	Agrupación de Interés Económico.
SOCIA:	Société pour l'Industrie Atomique.
STC:	Scientific Technical Committee.
TACIS:	Technical Assistance to the Commonwealth of Independent States.
TALGO:	Tren Articulado Ligero Goicoechea Oriol.
TECHNICATOME:	Société Technique pour l'Énergie Atomique.
TECNATOM:	Técnicas Atómicas S.A.
TG:	Turbina-Generador.
TIC:	Tecnologías de la Información y la Comunicación.
TMI:	Three Mile Island.
TNP:	Tratado de No Proliferación Nuclear.
TOKAMAK:	Cámara toroidal con bobinas magnéticas (en ruso, тороидальная камера с магнитными катушками).
TPEG:	Twinning Program Engineering Group.
TREN H4:	Unidad de Protección Radiológica de la DG TREN.
TRSA:	Técnicas Reunidas S.A.
UE:	Unión Europea.
UEM:	Unión Eléctrica Madrileña.
UKAEA:	United Kingdom Atomic Energy Authority.
UNESA:	Asociación de Empresas de Energía Eléctrica.
UNGG:	Uranio Natural-Grafito-Gas.
UNIPED:	International Union of Producers and Distributors of Electrical Energy.
UNIVAC:	Universal Automatic Computer.
UNSCEAR:	Comité Científico de la ONU para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (en inglés, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation).
URANIT:	Empresa formada por Nukem, Gelsenberger y Hoechst.
URENCO:	Uranium Enrichment Company.

URSS:	Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas.
USAL:	Universidad de Salamanca.
VDI: V	erein Deutscher Ingenieure (Asociación Alemana de Ingenieros).
VGB:	Verein von GrosskraftwerksBetreiber (Asociación de Grandes Operadores de Centrales Eléctricas, Alemania).
VVER:	Reactor Energético de Agua-Agua (en inglés, Water-Water Energetic reactor; en ruso, Водо-водяной энергетический реактор).
WANO PC-MC-AC-TC:	PC: Paris Center; MC: Moscow Center; AC: Atlanta Center y TC: Tokio Center.
WANO:	World Association of Nuclear Operators.
WAPCO:	Westinghouse Atomic Power Company.
WAPCOS:	Westinghouse Atomic Power Company of Spain.
WEICO:	Westinghouse Electric International Company.
WENRA:	Western European Nuclear Regulators Association.
WNA:	World Nuclear Association.
WNE:	Westinghouse Nuclear Española.
WNE:	World Nuclear Exhibition.
WNIE:	Westinghouse Nuclear International-Europe.
WNN:	World Nuclear News.

SOBRE LOS AUTORES



ESTHER M. SÁNCHEZ SÁNCHEZ (esther.sanchez@usal.es) es Doctora en Historia por las Universidades de Salamanca y Sorbona-Paris IV, y Profesora Titular del área de Historia e Instituciones Económicas de la Universidad de Salamanca. Ha realizado estancias de formación investigadora y docente en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, la Universitat de Barcelona y las Universidades de Sorbona-Paris IV y Paris VII-Denis Diderot. Sus investigaciones se han centrado en la historia de las relaciones económicas y empresariales entre España y Francia, el papel de la asistencia exterior en el proceso de desarrollo y modernización de España en el siglo XX, y la historia de la energía nuclear y el ciclo del uranio. Ha participado en una docena de proyectos de investigación, asumiendo la dirección de algunos de ellos. En la actualidad, lidera la Unidad de Investigación Consolidada Historia de la Industria y los Sistemas de Ciencia y Tecnología ([HISCYT https://hiscyt.usal.es/](https://hiscyt.usal.es/)) y es editora asociada de las revistas *Revista de Historia Industrial* y *Revue Française d'Histoire Économique*.



SANTIAGO M. LÓPEZ GARCÍA (slopez@usal.es) es Licenciado en Historia (Universidad Autónoma de Madrid) y Doctor en Economía (Universidad Complutense de Madrid). Ha realizado estancias postdoctorales en Italia y Reino Unido. Es director del Instituto de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología de la Universidad de Salamanca. Ha sido presidente de la Asociación Española de Historia Económica y vicepresidente de la Asociación Española para el Avance de la Ciencia. Ha trabajado en la realización de historias empresariales para las empresas Red Eléctrica de España, Iberdrola, Hispano-Suiza, Nestlé, CASA y ENUSA. Ha colaborado en proyectos europeos y ha sido investigador principal de los proyectos *Desigualdad económica e innovación*, *La Transferencia de Conocimiento en la Universidad* (Ministerio de Economía y Competitividad) y *Los condicionantes del cambio tecnológico en España, 1950-2000* (Ministerio de Ciencia e Innovación). En la actualidad, colabora en el proyecto EC2U (European Campus of City-Universities) en el marco de la "Iniciativa Universidades Europeas", impulsada por la Comisión Europea a través de la Dirección General de Educación.



ANA ROMERO DE PABLOS (ana.romero@cchs.csic.es) es Científica Titular en el Instituto de Filosofía del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Historiadora de la ciencia y la tecnología del siglo XX, centra su trabajo en la historia de la energía nuclear y la historia y filosofía de la experimentación, así como en estudios de política científica y tecnológica. Desde 2019 es directora de *Arbor*, revista del CSIC sobre ciencia, pensamiento y cultura. Entre sus publicaciones recientes relacionadas con la energía nuclear, destacan: "El viaje del uranio español en los años sesenta: significados y materialidades de un objeto híbrido" (*Dynamis*, 2023, 43/2), "Atomic Technologies and Nuclear Safety Practices in Spain during the 1960s" (*Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin*, 2022, 30), "Atomic Routes and Cultures for a New Narrative on Franco's Regime" (*Culture & History Digital Journal*, 2021, 10/1), *Las primeras centrales nucleares españolas. Actores, políticas y tecnologías* (Madrid, Sociedad Nuclear Española, 2019) y "Knowledge that travelled between Italy and Spain during the Franco regime: the construction of radioactivity counters" (*Historia, Ciências Saude-Manguinhos*, 2019, 26/1).



LORENZO DELGADO GÓMEZ-ESCALONILLA, (lorenzo.delgado@cchs.csic.es) es Doctor en Historia Contemporánea por la Universidad Complutense de Madrid e Investigador del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Fue investigador postdoctoral en el Centre d'Història des Relations Internationales Contemporaines de l'Université Paris I-Sorbonne e investigador participante en el International Visitor Program de Estados Unidos. Ha trabajado sobre las relaciones euroatlánticas durante la Guerra Fría (España, Estados Unidos, Francia y América Latina), especialmente la diplomacia pública y las transferencias culturales, educativas y científico-técnicas. Es autor y editor de un buen número de publicaciones, entre las más recientes: *Ciencia en Transición. El lastre franquista ante el reto de la modernización* (2019); *Teaching Modernization. Spanish and Latin American Educational*

Reform in the Cold War (2020); *Somehow different. España vista desde Estados Unidos* (2023); *El americano imposible. Estados Unidos y América Latina: entre modernización y contrainsurgencia* (2023), y *U.S. Public Diplomacy Strategies in Latin America during the Sixties. Time for persuasion* (2024).



MAR RUBIO VARAS (mar.rubio@unavarra.es) es Catedrática de Historia e Instituciones Económicas e investigadora del Institute for Advanced Research in Business and Economic (INARBE) de la Universidad Pública de Navarra. Economista especializada en las relaciones a largo plazo entre el consumo de energía y la economía, sus investigaciones también cubren la historia empresarial de las empresas del sector energético. Es Doctora (2002) y Máster (1998) por la London School of Economics (Reino Unido) y Licenciada en Economía por la Universidad Carlos III de Madrid (1996). Ha codirigido múltiples proyectos de investigación financiados competitivamente, entre ellos el consorcio europeo EU 2020 *History of Nuclear Energy and Society* (HoNESt) y los proyectos del Ministerio español de Economía y Competitividad *El despliegue de la energía nuclear en España en perspectiva*

internacional: economía, empresa y finanzas, ca. 1950-1985 y *Reacción en cadena: Historia de los negocios atómicos en la Península Ibérica*. Entre sus publicaciones, cabe destacar el libro *The Economic History of Nuclear Energy in Spain. Governance, Business and Finance* (Palgrave-MacMillan, 2017).



JOSEBA DE LA TORRE CAMPO (jdelatorre@unavarra.es) es Catedrático de Historia e Instituciones Económicas e investigador del Institute for Advanced Research in Business and Economic (INARBE) de la Universidad Pública de Navarra. Doctor en Historia por la Universitat Autònoma de Barcelona, su principal campo de investigación es la política económica española desde la dictadura franquista hasta la democracia, y en particular la política industrial y la planificación indicativa del desarrollismo (1940-1980). Ha sido Visiting Scholar en La Maison des Sciences de l'Homme de París y en el Centro de Estudios Europeos y Mediterráneos de la Universidad de Nueva York. También ha sido presidente del Comité franco-español de Historia Económica y vocal electo del Consejo de la Asociación

Española de Historia Económica. Recientemente, ha coeditado en Palgrave-MacMillan el libro *The Economic History of Nuclear Energy in Spain. Governance, Business and Finance*, y en Marcial-Pons *Economía en Transición: Del tardofranquismo a la democracia*.



GLORIA SANZ LAFUENTE (gloria.sanz@unavarra.es) es Profesora Titular de Historia e Instituciones Económicas en la Universidad Pública de Navarra. Se doctoró en Historia por la Universidad de Zaragoza y fue becaria postdoctoral del Ministerio de Educación y Ciencia en la Universidad de Heidelberg y el Institut für Europäische Geschichte de Mainz (Alemania). Sus áreas de investigación se han centrado en la historia agraria, la seguridad alimentaria y la emigración en la época contemporánea. En la última década, ha sido investigadora en sendos proyectos del Ministerio de Economía y Competitividad (HAR2014-53825-R y HAR2017-86086-R) sobre el despliegue de la energía nuclear en España. El estudio de la central nuclear de Trillo, la producción mundial de agua pesada, el problema de los residuos radiactivos y la difusión del empleo de radioisótopos han constituido sus temas de investigación prioritarios. En conjunto, sus trabajos han sido publicados en España, Alemania, Austria, Bélgica, Estados Unidos, Francia y Reino Unido.



MATILDE PELEGRÍ TORRES (mpelegri@gruposenda.es) es Ingeniera Química, Diplomada en Dirección General de Empresas y Experta en Comunicación Social. Es socia-fundadora de Senda Editorial, y directora general desde 1995. Desde sus inicios en la empresa, ha promovido la incorporación de sectores especializados como el nuclear y el sociosanitario. Fue directora de la revista *Nuclear España* hasta diciembre de 2019, publicación para la que ha realizado cerca de 300 entrevistas a profesionales del sector. Es miembro de la Sociedad Nuclear Española y la Sociedad Española de Protección Radiológica, vocal de la Junta Directiva de la Confederación Empresarial de Madrid, y vicepresidenta del Club Abierto de Editores. Fue presidenta de Women in Nuclear (WiN) España entre 2014 y 2019, promoviendo la celebración del Congreso WiN Global en Madrid en junio de 2019. Ha recibido diversos reconocimientos, como el Premio Empresaria del Año de la Comunidad de Madrid (2013), el Premio a la Trayectoria Profesional de la Asociación Española de Editores (2017), el Premio WiN (2020) y el Premio José María Otero Navascués (2021).



SOCIEDAD NUCLEAR ESPAÑOLA

www.sne.es