

LA INVESTIGACIÓN NUCLEAR EN ESPAÑA EN LAS CINCO DÉCADAS



RAMÓN GAVELA

Director general del CIEMAT

LOS PRIMEROS TIEMPOS, HASTA MEDIADOS DE LOS 60

No es posible entender la I+D nuclear de las cinco últimas décadas, desde 1968 cuando comenzó a operar la C.N. de Zorita, sin tener en cuenta el enorme trabajo de los pioneros, al que nos referimos brevemente a continuación.

La investigación nuclear en España comenzó en 1948 con la creación de la Junta de Investigaciones Atómicas (JIA), presidida por D. José María Otero Navascués. Tres fueron sus líneas de actividad: formación, explotación a pequeña escala de yacimientos de uranio y desarrollo de técnicas de extracción, metalurgia y física del uranio. En estos primeros momentos destacó la contribución de los catedráticos D. Armando Durán y D. Manuel Lora Tamayo, a los que se sumó D. Ramón Ortiz Fornaguera. Para dar cobertura a la Junta de Investigaciones Atómicas se creó la sociedad anónima "Estudios y Patentes de Aleaciones

Especiales" (Epale), que realizó los trabajos preliminares, que recogió la Junta de Energía Nuclear (JEN), cuando esta se creó en 1951.

Desde el principio, la JEN tuvo una actividad muy relevante en Física Nuclear, con prestigiosos trabajos de análisis de dispersión, desintegración y simetría de interacciones. No obstante, se dio desde el principio una mayor atención a los temas relacionados con el diseño de reactores nucleares y gestión del combustible, con notables desarrollos de métodos de cálculo de reactividad, distribución de flujo y potencia neutrónica, en los que destacaron, entre otros, Ortiz Fornaguera, Sánchez del Río y "Xula" Vigón.

También fueron muy relevantes los trabajos de I+D de la JEN en geología y minería, obtención de compuestos de uranio, fabricación de elementos combustibles y tratamiento de combustibles irradiados, que fueron la base del desarrollo nuclear en nuestro país, transmitien-

do conocimientos y tecnologías a las empresas e instituciones españolas del sector nuclear, entre las que cabría destacar a Enusa, el CSN y Enresa.

Cuando nos acercamos a aquellos tiempos pioneros de la JEN, resulta sorprendente el número y calidad de realizaciones de grandes instalaciones de investigación para trabajar en todas las disciplinas básicas que soportaron el importante desarrollo nuclear español. Baste citar las plantas piloto de tratamiento de minerales que realizaban desde los concentrados hasta la obtención del yellow cake, las plantas de montaje de elementos combustibles, el reactor JEN-I construido en 1958, que marcó la fecha de la primera reacción de fisión en cadena en nuestro país, el reactor JEN-II, el reactor rápido experimental de potencia cero, Coral, la planta experimental de reproceso, los laboratorios de radioquímica, las celdas calientes metalúrgicas, y otros muchos más. La gran visión de los pioneros



Figura 1. Foto JEN-I. Nave.

para superar la clásica aproximación académica de ciencia básica, para potenciar el desarrollo tecnológico, fue un gran acierto, que favoreció el espectacular avance de nuestro país en el campo nuclear (Figura 1).

También fue muy relevante la participación de la JEN en el diseño y fabricación de los reactores nucleares de investigación Argos en la Escuela de Ingenieros de Bilbao y ARBI en la Escuela de Ingenieros de Barcelona, instalaciones que contribuyeron a extender la ciencia nuclear a la universidad, que posteriormente ha tenido un papel importante en la formación e investigación para el sector nuclear español.

El espectacular avance de la investigación nuclear española en la etapa pionera se hizo posible gracias a la liberación del conocimiento propuesta por el Presidente Eisenhower en su famoso discurso de "Átomos para la Paz" en la Asamblea General de la ONU en diciembre de 1953, al que siguió en 1955 la 1ª Conferencia de Ginebra sobre usos pacíficos de la energía nuclear, en la que se transfirió ampliamente el conocimiento y experiencia de los países más avanzados. España estaba preparada para aprovechar estas oportunidades gracias a la creación de la JIA y JEN, a lo que también contribuyó la apertura internacional de España, tras superarse el aislamiento al que estuvo sometida durante varios años.

Ha sido también muy importante el esfuerzo dedicado por la JEN a

la formación y capacitación a través del Instituto de Estudios Nucleares. Los cursos de este Instituto han aportado una formación de alto nivel a la mayoría de los profesionales del sector nuclear español. Labor esta que se difundió a la universidad, que hoy mantiene un número importante de cátedras dedicadas a la energía nuclear y PR.

LA INVESTIGACIÓN NUCLEAR ESPAÑOLA DE LAS CINCO ÚLTIMAS DÉCADAS

Dicho lo anterior, la investigación nuclear de las cinco últimas décadas se puede organizar en tres periodos asociados a las circunstancias del sector eléctrico.

Periodo de construcción de las principales centrales nucleares (1968-1980)

En este periodo se construyeron las centrales nucleares de segunda generación, con un desarrollo espectacular de la ingeniería española y la gestación de empresas de servicios para dar soporte tecnológico al sector. Se organizó la primera parte del ciclo del combustible, con la creación de Enusa en 1972, a la que se transfirió el Plan Nacional de Exploración del Uranio y a la que se encargó la construcción de la fábrica de elementos combustibles de Juzbado. Asimismo, se segregó del Ciemat la actividad reguladora, creándose el CSN en 1980. También se creó ENSA en 1973 para la fabricación de vasijas a presión del primario de centrales nucleares.

La investigación nuclear principal

de este periodo continuó realizándola el Ciemat, con participación progresiva de la universidad, que se preparó activamente para dar servicio de modelización neutrónica y termohidráulica a las centrales, así como de servicios de investigación en PR y vigilancia radiológica ambiental. Asimismo, se fue creando una red de pequeñas y medianas empresas para prestar servicios de PR y Seguridad y para la fabricación de algunos componentes.

El Ciemat continuó durante unos pocos años con el proyecto DON, reactor de uranio natural de baja potencia, moderado con agua pesada y refrigerado por líquido orgánico, para irradiar elementos combustibles y estudiar su comportamiento. En este proyecto, que utilizó muchos medios del Organismo, se desarrollaron notables tecnologías de diseño termohidráulico, obtención de agua pesada y diseño de combustible. El proyecto se abandonó por la primacía de los reactores de agua ligera con uranio enriquecido.

Otro tema que mereció especial atención de la JEN fue el de reactores rápidos, a través de un amplio programa que incluyó la construcción de un circuito de sodio, investigación básica y aplicada del reproceso, diseño de elementos combustibles y desarrollo de modelos de cálculo neutrónico y termohidráulico.

El Ciemat reforzó en 1980 sus actividades de metrología de radiaciones ionizantes, creando la División de Metrología, con varios laboratorios para el desarrollo y conservación de los patrones para radiación alfa, beta y gamma.

Aunque España había abandonado el CERN en 1968, y varios de sus investigadores marcharon al exterior, el Ciemat mantuvo su grupo de investigación experimental y algunas colaboraciones con otros países, que fueron el germen de la comunidad nacional de física de altas energías, hoy relevante, gracias a los planes movilizados, científico y tecnológico, puestos en marcha por el Ciemat cuando nuestro país volvió al CERN en 1982.

Periodo del PIE/Ocide (1980-1996)

Este periodo se caracterizó por la puesta en marcha y operación del Programa de Investigación de



Figura 2. Foto de las instalaciones de Materiales, 1 Corrosión bajo tensión.

Unesa (PIU) creado por Real Decreto para recaudar y dedicar a I+D energética el 0,3% de la facturación eléctrica. En 1983 cambió de nombre, pasando a ser el Plan de Investigación Electrotécnica (PIE), cuya gestión de encargó a Ocide.

La investigación nuclear durante este periodo fue muy activa, recabando aproximadamente el 18 % de los fondos de Ocide, con un crecimiento importante de los departamentos de I+D de las empresas eléctricas y con una buena articulación de los agentes de la innovación (centros de investigación, universidades y empresas), buscando y exigiendo la utilidad de los desarrollos, con una metodología que consideraba toda la cadena

de innovación, incluyendo de forma preferente las necesidades de los usuarios.

Fueron muchos los proyectos nucleares, con la participación de muchos grupos de investigación, que dieron soporte al desarrollo de tecnologías que redundaron en el crecimiento del tejido industrial de empresas de servicios e ingeniería. Destacaron en este periodo algunos proyectos llevados a cabo por el Ciemat en colaboración con Unesa. Uno de ellos fue el de estudio de materiales estructurales e internos de vasija y generadores de vapor. Estos, dieron lugar a importantes instalaciones y laboratorios en el Ciemat, que cosecharon notables

aciertos en el análisis de causas de degradación de materiales, demostrando que nuestro país podía competir con otros grupos internacionales de EE.UU. y Francia, aparentemente más versados en esta materia (Figura 2).

La creación de Enresa en 1984 supuso un impulso muy notable para la I+D de Gestión de Residuos Radiactivos, tanto para los de baja y media actividad, para los que el Ciemat desarrolló tecnologías no destructivas de caracterización de bidones y otros bultos, como para los residuos de alta actividad, llevando a cabo un ambicioso programa para el Almacenamiento Geológico Profundo (AGP), con participación de un gran número de grupos universitarios y con una participación principal del Ciemat. Estas investigaciones se realizaron con fuerte conexión con el Programa Marco de la UE y con las principales agencias de gestión de residuos radiactivos europeas. Destacaron en este programa el proyecto Berrocal (antigua mina de uranio en Ávila), en el que se pusieron a punto numerosas tecnologías de caracterización hidrogeoquímica profunda, y el proyecto Febex, instalado en Grimsel (Suiza) para el estudio de barreras de ingeniería de arcilla (Figura 3).

La creación del CSN fue también un acicate para la investigación en seguridad nuclear y protección radiológica, a través de sus planes de investigación, que apoyaron numerosos proyectos de centros de investigación y universidades.

Otra línea de investigación nuclear relevante fue la de fusión termonuclear, llevada a cabo principalmente por el Ciemat, en el marco de Eurofusión. Se construyó y operó la instalación de experimentación de plasma TJ-II, instalación científico-tecnológica singular del Plan Nacional de I+D, y en su marco se inició la coordinación de varios grupos universitarios del país (Figura 4).

Periodo de liberalización del sector eléctrico. (1996 hasta la actualidad)

La Ley 54/1997 liberalizó el sector eléctrico y provocó la eliminación del PIE y su financiación del 0,3%. Esta circunstancia coincidió con las primeras publicaciones de la UE sobre su estrategia para una energía

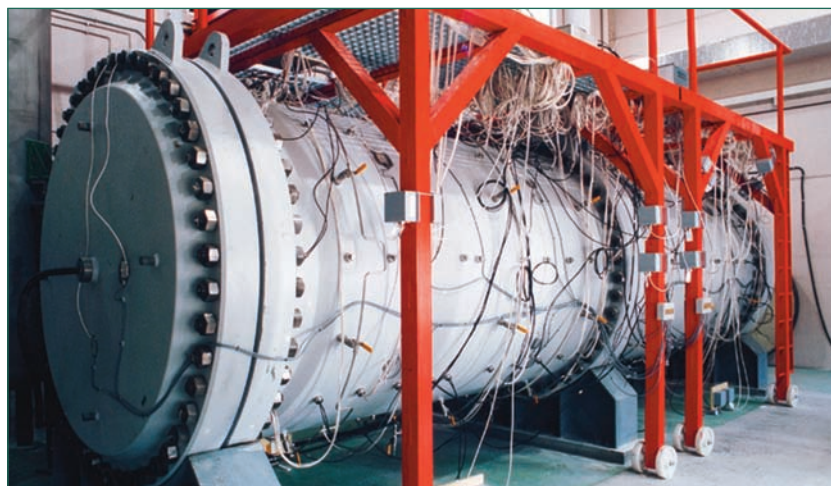


Figura 3. Foto de la maqueta de arcilla FEBEX, 220 Febex.

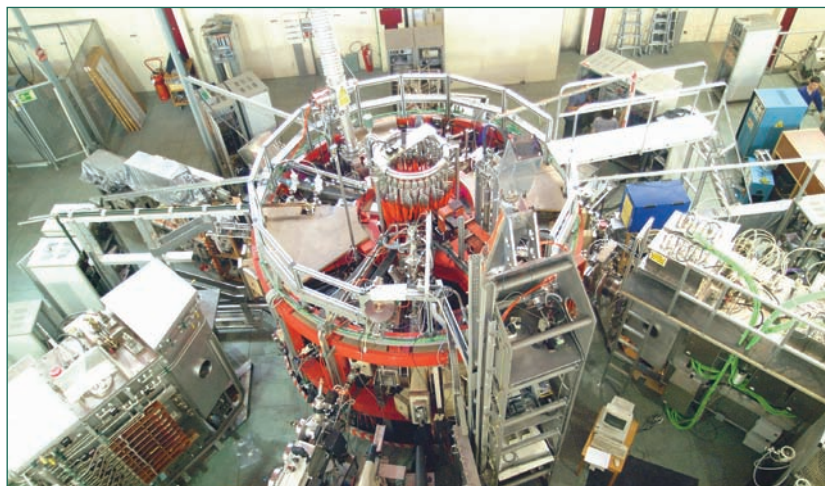


Figura 4. Vista aérea TJ-II.

sostenible, competitiva y segura y con la aparición del Plan Tecnológico europeo sobre energía (SET-Plan), que favoreció la internacionalización de nuestra investigación energética, y en particular nuclear.

La desaparición del PIE obligó a las empresas del sector a reorganizar sus estrategias de I+D, y a la Administración a poner en marcha políticas de colaboración público-privada. En este empeño destacaron el programa de fomento de la investigación técnica del Plan Nacional de I+D (Profit), el programa Cenit del CDTI y los proyectos Innopacto.

En este periodo se realiza un gran esfuerzo de colaboración de las empresas con los centros de investigación y universidades para aprovechar las oportunidades del Programa Marco, produciéndose una mayor integración con Europa a través de la Plataforma Europea de

Energía Nuclear Sostenible (SNETP) y del SET-Plan.

En 1999, para paliar los efectos de la desaparición del PIE, se creó la Comisión Estratégica de I+D Nuclear (Ceiden), que en 2007 pasó a ser una Plataforma Tecnológica, con la participación de todos los agentes del sector nuclear, con una fuerte implicación del CSN, que ha asumido su presidencia.

Ceiden promueve proyectos de I+D con la colaboración de las instituciones interesadas, dentro de su Plan Estratégico apoyado en tres pilares: Operación segura a largo plazo, Gestión del combustible irradiado y residuos, y Nuevas tecnologías y proyectos, a los que hay que añadir varias iniciativas de formación y capacitación. Sobre estos pilares ha llevado a cabo un gran número de proyectos, muchos de ellos finalizados. Entre los que están en marcha actualmente cabe citar:

- ZIRP. Para la extracción de probetas de internals de la vasija de Zorita y su estudio para conocer su fiabilidad y facilitar el desmantelamiento.
- Hormigones. También en Zorita, para la extracción de muestras y su análisis que permita conocer su durabilidad y activación.
- Integridad de vaina irradiada con hidruración severa en condiciones de almacenamiento y transporte.
- Desarrollo del laboratorio de patrones neutrónicos
- Participación en el *Extended Storage Collaboration Program* (ES-CP) de EE.UU.
- Participación en el proyecto del reactor experimental francés *Joules Horowitz Reactor* (JHR). (Figura 5).

Además de lo anterior es muy destacable la actividad investigadora que se realiza en el Ciemat, otros centros tecnológicos, empresas como Tecnatom y universidades, dentro de los planes de investigación del CSN, Enresa, Enusa y empresas eléctricas, que dedican importantes fondos a estos planes que cubren los principales tópicos de la seguridad nuclear, la protección radiológica, la gestión de residuos de baja y media actividad, la gestión de residuos de alta actividad, el comportamiento del combustible y la mejora de operación de instalaciones.

En el ámbito anterior y dentro del Programa Marco, Ciemat mantiene importantes programas de investigación, con varios proyectos en marcha. Una breve descripción de estos programas y proyectos en la actualidad es la siguiente:

- Programa de Seguridad Nuclear, con las líneas de accidentes severos, termomecánica del combustible y seguridad de reactores. Con proyectos como ACAS de la NEA para el análisis del accidente de Fukushima, Fastnet de H2020 para el establecimiento de bases de datos de accidentes, Ipresca de Neugenia para el estudio de retención de productos de fisión en piscinas, etc. Es asimismo relevante el estudio de interacción hombre-máquina.
- Programa de investigación sobre gestión de residuos radiactivos, con dos líneas, residuos de baja y media actividad, y residuos de alta actividad. En baja y media



Figura 5. Foto de la instalación de metrología de neutrones, 128LPN1.



Figura 6. Foto de equipo de caracterización de bidones.



Figura 7. Foto Unidad Movil UM4.



Figura 8. Foto del contador de cuerpo entero.

actividad se desarrollan tecnologías de caracterización, de gestión del grafito de Vandellós y de medida de nuevos nucleidos de larga vida y elementos tóxicos y peligrosos en bultos, con varios

proyectos de H2020 en colaboración con Francia y Reino Unido. En el proyecto Metrodecom de la UE, en colaboración con ISPRA, se desarrolla un nuevo sistema de medida de actividad de bultos

con alta sensibilidad para optimizar la gestión de tierras contaminadas. En residuos de alta actividad el trabajo se centra en estudios de corrosión de vaina e interacción combustible-vaina, separación de plutonio y actínidos, estudios de comportamiento del combustible en almacenamiento en seco, y estudios de comportamiento hidrogeoquímico de barreras naturales y artificiales de un Almacenamiento Geológico Profundo (AGP). (Figuras 6 y 7).

- Programa de innovación nuclear, dedicado a la investigación de procesos de transmutación y física de reactores rápidos, liderando el proyecto Chanda de la UE para la determinación de secciones eficaces de actínidos.
- Programa de materiales estructurales para analizar el efecto de la irradiación, el comportamiento frente a corrosión-irradiación y el análisis de fallos estructurales, con vistas al alargamiento de vida de la centrales nucleares actuales y a los nuevos materiales de reactores de IV generación y de fusión.
- Programa de medio ambiente radiológico, con proyectos de radiactividad ambiental y vigilancia radiológica, protección radiológica del público y medioambiente y dosimetría de radiaciones (Figura 8).
- Programa de fusión termonuclear, integrado en el programa marco de Euratom, con desarrollos de física de plasma en el reactor TJ-II, y desarrollos de sistemas auxiliares de calentamiento y diagnóstico de plasma. Desarrolla asimismo tres líneas tecnológicas: modelización del efecto de la radiación en materiales, estudio de metales líquidos de primera pared y caracterización de materiales irradiados.

Todo lo anterior es una prueba más del consolidado sistema nuclear español, fruto del esfuerzo de muchos profesionales, particularmente de los pioneros, y que cubre la mayoría del ciclo del combustible nuclear y de PR, con excelentes empresas, universidades y centros de investigación, con un organismo regulador muy preparado y competente.■