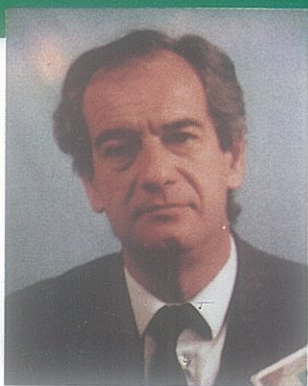




Manuel MONTES PONCE DE LEÓN es doctor en Ciencias Químicas por la Universidad Complutense. Ha dedicado su carrera profesional fundamentalmente a la investigación en la Junta de Energía Nuclear, hoy CIEMAT, desde 1967, en temas como Producción de agua pesada y de Tetrafluoruro de Uranio por vía electrolítica, Termohidráulica de reactores nucleares rápidos y térmicos, y análisis de ruidos aplicados a la media de velocidades de refrigerante. Trabajó durante un año en el Centro de Energía Nuclear (KfK) en Karlsruhe, República Federal de Alemania, en Termohidráulica del sodio líquido. Desde febrero de 1984 dirigió el Programa de Ingeniería Nuclear que dejó a partir de enero de 1987 para dirigir el Instituto de Tecnología Nuclear del CIEMAT. Es miembro, por parte de España, de la Junta de Gobernadores o Consejo de Administración de los Centros Comunitarios de Investigación y Consejero de la Empresa Nacional ADARO. Ha sido, también, representante en los Comités de Gestión y Coordinación de la Dirección General XII de las Comunidades Europeas y del Comité Científico y Técnico. Ha publicado diversos trabajos científicos.

EL CIEMAT EN 1988

LA INVESTIGACION Y EL DESARROLLO EN TECNOLOGIA NUCLEAR

M. MONTES PONCE DE LEÓN - G. MORALES CALVO (*)

SITUACION NUCLEAR ESPAÑOLA

Desde que el 22 de octubre de 1951 se creó la Junta de Energía Nuclear por decreto-ley, España se convirtió en un país nuclear. Durante los años transcurridos desde entonces, la industria energética ha ido aumentando el número de centrales nucleares y, por tanto, el porcentaje de energía generada con este origen. Aunque este crecimiento nuclear no se deba directamente a la Junta de Energía Nuclear, es indudable que sus laboratorios e instalaciones han contribuido, aunque sea de forma indirecta, a ello. Gran parte de los especialistas que hoy se encuentran en distintos sectores del mundo nuclear han pasado por esas instalaciones o han tenido algún tipo de contacto con ellas.

En este tiempo se han construido diez centrales nucleares. Este parque ha exigido la colaboración de varias empresas de ingeniería, hoy capacitadas para abordar con autonomía cualquier proyecto nuclear. Equipos Nucleares, S. A. (ENSA), ha construido componentes para estas centrales y está en condiciones para competir internacionalmente con absoluta garantía. La producción de concentrados de uranio con tecnología desarrollada por la Junta de Energía Nuclear y la fabricación de elementos combustibles que son cubiertos por la Empresa Nacional del Uranio, S. A., garantizan el abastecimiento de combustible de las centrales españolas. La construcción de las centrales y su posterior mantenimiento han fomentado varias empresas de servicios en operación e inspección en obra.

Con la reciente creación de la Empresa Nacional de Residuos, S. A., se pretende cerrar el ciclo de la industria nuclear, cubriéndose la gestión de los residuos radiactivos, no sólo los generados en las Centrales Nucleares sino también aquellos que se producen durante la utilización de isótopos en la medicina, la investigación y la industria. De esta forma se cierra todo un sector industrial que, a diferencia de otros, con un mayor impacto en el sector productivo está cubierto, incluso en sus aspectos reguladores desde el punto de vista de la seguridad y protección radiológica, con un Organismo dependiente del Congreso de los Diputados, como es el Consejo de Seguridad Nuclear.

El replanteamiento que se hizo en 1983 dentro del Plan Energético Nacional ha originado un estancamiento nuclear motivado por un nuevo enfoque en política energética más que por una oposición al crecimiento nuclear. Los niveles de producción energética de origen nuclear son equivalentes a la media europea y a la de los países de la OCDE. Cualquier desviación por encima de esta media sería una situación anómala si se compara con otros sectores industriales, aún más teniendo en cuenta que la totalidad de los sistemas que se utilizan en esta industria son importados.

Por otro lado, a medida que se ha ido desarrollando esta industria nuclear en España ha ido creciendo, al igual que otros países occidentales, una mayor oposición social a este tipo de energía. Oposición que en ningún momento ha sido consistente con los riesgos implícitos de este tipo de industria, como podría ocurrir con otras industrias con-

(*) El currículum de G. Morales Calvo se publica en la página 23.



F I Vista aérea de las instalaciones del CIEMAT en la ciudad universitaria (Madrid)

taminantes que apenas tienen contestación, sino que está más bien ligada a implicaciones estratégicas por la sospecha de su posible utilización en la industria armamentista.

A pesar de la última catástrofe de Chernobyl de 1986, en una central de características muy diferentes a las utilizadas en el mundo occidental, y al accidente de Three Mile Island de 1979, en una central similar a las instaladas en España, la industria nuclear sigue ofreciendo más seguridad que otros sectores menos increpados. Se puede decir que es un sector en el que la investigación y desarrollo en seguridad han ido siempre por delante del desarrollo tecnológico a diferencia de cualquier otro área industrial.

Los conocimientos tecnológicos que se tienen son de tal índole que se pueden simular accidentes reales de forma absolutamente controlada, sin ningún tipo de riesgos para los operadores, como los que se han desarrollado en varios laboratorios internacionales y en los que se está participando (LOFT "Loss of Fluid Test" realizado en Estados Unidos y del PHEBUS realizado en Francia, entre otros).

TENDENCIAS TECNOLÓGICAS ACTUALES

La crisis energética de 1973 y la carencia de otras alternativas energéticas han conducido en los países nucleares a reafirmarse en el sector nuclear. Por un lado, la tecnología en fisión nuclear se ha dirigido a una nueva generación de reactores de agua ligera, tanto a presión como en ebullición y que se denominan "avanzados". Los APWR, APWR y los ABWR serán los reactores térmicos que se instalarán en la década de los noventa. Prosiguen también en el mundo occidental los desarrollos en el campo de la fisión con neutrones

rápidos e incluso existen ya reactores de potencia en operación.

El futuro a largo plazo se orienta al campo de la fusión nuclear. Existen cuatro grupos internacionales que trabajan en esta tecnología: Estados Unidos, URSS, Japón y las Comunidades Europeas. Estos programas de fusión se centran no sólo en la física del plasma sino también en su tecnología. Como se desprende de aquí, la tendencia internacional es la de propiciar el agrupamiento de esfuerzos para así conseguir un rendimiento óptimo que acerque en el tiempo este futuro tecnológico.

En resumen, existen claramente tres tendencias en tecnología nuclear.

Reactores avanzados de agua ligera

Tienen como objetivos fundamentales el aumento de la disponibilidad y fiabilidad de las plantas, la reducción de los costes de capital, la disminución significativa de requerimientos de uranio y unidades de separación, eliminación de riesgos económicos y al público, y de la exposición a la radiación, y el incremento de los márgenes de diseño. Con estos fines, las grandes compañías nucleares mundiales han desplegado sus mejores medios tecnológicos y han apostado económicamente por este claro futuro nuclear.

Así, en 1978 empezó el desarrollo de los ABWR con General Electric en colaboración con Ansaldo (Italia), Asea-Atom (Suecia) e Hitachi Toshiba (Japón) y KWU de la República Federal de Alemania por otro lado.

En la línea de los reactores de agua a presión, Westinghouse y Mitsubishi desde 1981 han estado trabajando juntos en el programa de los APWR, al mismo tiempo que KWU de la República Federal Alemana, y Babcock and Wilcox y Combustion Engineering de Estados Unidos están participando en

esta evolución de la nueva generación de plantas nucleares.

Esta nueva generación de reactores surge como consecuencia de programas de investigación y desarrollo extensos que, promovidos por las grandes compañías nucleares, son desarrollados en laboratorios especializados aunándose esfuerzos. Se parte de la experiencia de operación y se aborda a fondo la solución de los principales problemas presentados hasta el momento. Estos avances no se centran solamente en la mejora del diseño sino también en las modificaciones de criterios y estrategias industriales del sector.

Reactores rápidos

Los reactores rápidos tienen como ventaja principal la multiplicación de la cantidad de energía efectiva extraída del uranio y pueden suponer una fuente de energía que dure varios siglos. Cuando se hagan económicamente competitivos serán plantas de gran interés. Europa ha dado un paso firme en este tipo de tecnología, y compañías tan importantes como EDF (Francia), ENEL (Italia) y RWE (Alemania) en 1973 decidieron embarcarse juntos en esta aventura para construir dos centrales de 1000 MWe, una en Francia basada en el modelo Phenix y otra en Alemania basada en el SNR 300.

De esta forma ya existe en Francia, en Creys-Malville, a 50 km de una gran ciudad como Lyon, la primera central nuclear con un reactor rápido reproductor refrigerado por sodio líquido de 1240 MWe de potencia eléctrica, conectada a la red. Su construcción se inició con la presentación del informe de seguridad preliminar en marzo de 1975 y obtuvo la autorización civil de construcción en mayo de 1977.

Esta fuerte apuesta por la tecnología de reactores rápidos hecha por Europa justifica el interés de las Comunidades Europeas en su programa de investigación en seguridad en reactores rápidos.

Máquinas de fusión

En este caso se habla de esperanzas, pero al igual que en el caso anterior se arriesga mucho dinero y nuevamente vuelven a ser países como Estados Unidos con su TFTR, la URSS con su TIS, Japón con su JT60 y la Europa comunitaria con su JET quienes desde 1982 con el primero de ellos han iniciado de forma ya seria la construcción de grandes Tokamak.

Al mismo tiempo que en estas máquinas se hacen los primeros ensayos pretendiendo conseguir las elevadas temperaturas requeridas y corrientes suficientes para confinar el plasma, se están potenciando programas amplios de tecnología de fusión que propicien aquellos desarrollos que permitan, una

vez que se logren los objetivos básicos en las máquinas de demostración, desarrollar los medios tecnológicos para construir las máquinas de fusión y los futuros reactores.

El accidente de Three Mile Island y la catástrofe de Chernobyl han sido otros dos factores importantes en las actuales tendencias tecnológicas. A raíz del primero se produjo una intensa actividad a nivel mundial en programas de investigación en tecnología de seguridad nuclear. Esta reacción se debió fundamentalmente a que el tipo de central era común en la mayoría de los países occidentales y a que toda la secuencia de sucesos demostró que, aunque previstas en los límites de seguridad establecidos, se produjeron efectos no lo suficientemente conocidos que obligaban a una profundización mayor en ellos. La reacción no se hizo esperar y tanto a escala nacional como en la dimensión internacional se abordaron vastos planes de investigación y surgió una atmósfera de colaboración internacional. Se promovieron costosos programas experimentales de simulación de grandes accidentes que los países aislados difícilmente hubiesen podido acometer. Estratégicamente esta respuesta fue coherente con el enfrentamiento social que, a raíz de aquel accidente, iba a surgir en contra de la energía nuclear. Se tenía que demostrar tecnológicamente que las previsiones que se tenían en casos accidentales era suficientes.

La catástrofe de Chernobyl, por el contrario, ha tenido un impacto tecnológico en el mundo occidental muy inferior al caso anterior y también inferior al fuerte incremento de rechazo social promovido, por tratarse de una central diferente y con criterios de seguridad totalmente distintos. Sus efectos ha conducido más al convencimiento de que la energía nuclear no es algo puramente nacional sino que rebasa fronteras y, por tanto, se han promovido acciones conducentes a la regulación internacional. Tecnológicamente se ha demostrado la necesidad de contenciones fuertemente resistentes y a la importancia de poder dominar el accidente para que en esos extremos la población no sufra sus consecuencias.

A la vista de estas tendencias se puede resumir que la tecnología nuclear progresa, porque sigue siendo la alternativa energética más viable hasta el momento, y progresa teniendo muy en cuenta en todo momento el aumento de la seguridad, aunque ello suponga un fuerte aumento de los costes de su aplicación.

AREAS DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

España, que en su momento apostó fuertemente por la minería del Uranio,

sin olvidar otros campos tecnológicos nucleares, ha llegado a una situación industrial que obliga a un serio planteamiento de volver a apostar por el futuro, en un sentido tal que los beneficios que se obtengan justifiquen los esfuerzos que se hagan.

La existencia de empresas sectoriales, compañías eléctricas explotadoras y un organismo regulador obligan a orientar las actividades que se emprendan de forma que los beneficios que se obtengan de la investigación y el desarrollo tecnológico repercutan nacionalmente a corto, medio o largo plazo. Cualquier previsión hecha, desligada de la realidad actual o excesivamente orientada a situaciones muy puntuales o temporales, puede suponer un riesgo elevado e hipotecar el futuro tecnológico.

Sería deseable disponer de necesidades de investigación a corto, medio y largo plazo desde cada uno de los sectores nucleares, junto a una estrategia nacional para que, en conjunto, se pudiera plantear un plan sectorial de investigación coherente con la Ley de Fomento y Coordinación de la Investigación y Desarrollo Tecnológico, con los planes energéticos nacionales y con las directrices de investigación y desarrollo de las Comunidades Europeas.

Todo plan de investigación a largo plazo debe estar soportado por una base tecnológica suficiente que permita abordar con garantía de éxito cada uno de sus programas, de forma que jamás queden rezagados en el tiempo con respecto a otros que alternativamente se hayan promovido en el exterior. En el momento actual, la tecnología ha suprimido fronteras y cualquier tendencia nacionalista puede quedar aislada y sucumbir por falta de mercado.

En el terreno de los reactores térmicos de fisión, ante la carencia de empresas que se dediquen al desarrollo de sistemas en el momento actual, se tienen únicamente dos alternativas:

- Participar con algún grupo en el desarrollo de reactores avanzados en una proporción reducida y con intensidad suficiente para dominar puntualmente la tecnología correspondiente.
- Abordar programas de investigación relacionados con la seguridad y disponibilidad de las centrales nucleares.

Con la primera alternativa se abrirían puertas tecnológicas de gran interés en décadas sucesivas y con la segunda se afianzaría la tecnología de servicios y se dispondría de criterios propios en el momento de tomar decisiones. Ambas alternativas no son independientes y la segunda sería un medio muy adecuado para garantizar un mejor aprovechamiento de la primera.

Por el contrario, en el terreno de los reactores rápidos en el que en su día se iniciaron actividades en España, la inadecuada contribución ha producido unos efectos tales que hoy día se puede decir que se está tan desligado de la tecnología, que cualquier actividad que se emprendiera sería ineficaz.

La oportunidad que nos ofrece nuestra incorporación en las Comunidades Europeas y la existencia de un ambicioso programa de fusión en su seno, nos abre unas perspectivas de gran interés para incorporarnos intensamente en él. Esta incorporación tiene que hacerse de forma organizada y perfectamente planificada, siguiendo en todo momento las directrices que se marquen desde los órganos directores del programa y procurando día a día participar más intensamente en la toma de decisiones dentro de él.

Estas actuaciones no se consiguen de una forma puramente presencial sino, por el contrario, a base de soportar nuestra presencia con un acervo tecnológico que dé solidez a nuestras recomendaciones y permita retornar actividades que ayuden en el futuro a mejorar nuestra tecnología. Este proceso iterativo debe iniciarse desde el presente, procurando orientar las actividades en tecnología nuclear de fisión a aquellos campos fronterizos con la fusión y desde ahí empezar a incorporar aquellas actividades útiles en esta nueva área.

Se puede concluir que las áreas de mayor interés en investigación y desarrollo para España son las correspondientes a tecnología de seguridad y tecnología de la fusión nuclear.

SITUACION DE I + D EN TECNOLOGIA NUCLEAR EN ESPAÑA

La I + D en tecnología nuclear que durante muchos años ha estado totalmente confinada en la Junta de Energía Nuclear, en los momentos actuales presenta una situación cambiante que hace ver con optimismo el futuro tecnológico. Han surgido varios Departamentos Universitarios de Tecnología Nuclear que tienen una clara vocación investigadora y que están ligados a Centros de Investigación y Empresas, tanto nacionales como extranjeras. Por otro lado, las empresas dedican gran atención a temas de investigación y desarrollo, no solamente fomentándolo con sus financiaciones, sino incluso participando activamente y proponiendo programas de I + D. Con esta atmósfera abierta, en la que también contribuyen otros Departamentos Universitarios y Empresas que, aunque no son del sector, se incorporan desde sus especialidades a estos planes de investigación, se puede pensar que el

sector nuclear está en condiciones de avanzar tecnológicamente.

Si a título individual existe una atmósfera propicia, se ha generado en los últimos tiempos un ambiente de colaboración oportuno para integrar esfuerzos, consciente de la necesidad de actuar en forma conjunta para promover la mejora tecnológica nacional. Las primeras acciones ya se han emprendido. Se han formado grupos de trabajo que colaboran en proyectos internacionales como el LOFT, LACE y TRANSRAMP que, dirigidos por un comité con miembros de varias instituciones nacionales, coordinan con la organización internacional del proyecto las actividades del grupo dirigido técnicamente por el director del mismo.

Las compañías eléctricas y centrales nucleares demandan ciertos programas de investigación a los Centros de Investigación y Desarrollo y Universidades, depositando su confianza en ellos. Este acercamiento entre la industria y los investigadores es un principio de fomento del desarrollo tecnológico.

ESTRATEGIA DEL INSTITUTO DE TECNOLOGIA NUCLEAR DEL CIEMAT

El Instituto de Tecnología Nuclear del CIEMAT consideró necesario realizar un análisis estratégico de sus actividades para poder integrarse en la dinámica que exigía en entorno nuclear. Este análisis se realizó con base en el objetivo general marcado para conseguir un acercamiento al sector nuclear con programas de investigación que condujeran al aumento de disponibilidad de las centrales nucleares, garantizaran la seguridad de las mismas y proporcionasen tecnología para la primera y última fase del ciclo del combustible.

Este análisis estratégico sirvió para diferenciar los programas de investigación que se deberían abordar, el tipo de actividades que se deberían emprender, los procedimientos a seguir para llevar adelante la investigación e incluso cuál debe ser la explotación óptima de los resultados.

Al mismo tiempo se examinaron los puntos débiles y fuertes que se disponían, junto a las oportunidades y amenazas que se cernían. Como consecuencia de este examen, se dedujeron las causas y efectos de todos estos factores y se llegó a un planteamiento final de estrategias que a grandes rasgos fueron:

- Mantener un contacto estrecho con el entorno para detectar las necesidades de investigación y desarrollo del sector nuclear.
- Reorganizar el Instituto para adecuarlo a la demanda detectada.

T I

LINEAS ESTRATEGICAS DE I + D

TENDENCIAS	EXISTE UN SECTOR INDUSTRIAL QUE PUEDE EXPLOTAR LOS RESULTADOS DE FORMA DIRECTA O INDIRECTA	AUMENTA LA SEGURIDAD	REDUCE LA DEPENDENCIA DEL EXTERIOR	EL PLUS NO DISPONE DE ESTA TECNOLOGIA Y EXISTE UNA CLARA NECESIDAD DE ELLA	ES APLICABLE A OTRO SECTOR INDUSTRIAL	SE AUNAN ESFUERZOS DE INVESTIGACION CON OTROS CENTROS	PERMITE UTILIZAR EXPERIENCIA Y CONOCIMIENTOS	MEJORA LA CALIDAD DE VIDA	TOTALES
NUEVOS REACTORES DE FISION (AVANZADOS Y RAPIDOS)	0.73	0.47	1.01	0.59	0.55	0.58	0.83	0.59	5.35
DESMANTELAMIENTO DE INSTALACIONES NUCLEARES Y DESCONTAMINACION	1.50	1.46	1.44	1.73	0.64	0.55	1.06	1.25	9.63
CARACTERIZACION, TRATAMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE ALTA	1.51	1.61	1.40	1.67	0.62	0.53	1.07	1.47	9.88
ESTUDIO Y GESTION DE ACCIDENTES	0.81	1.61	0.83	1.07	0.83	0.52	0.76	1.20	7.63
METODOLOGIA DEL ANALISIS PROBABILISTICO	0.79	1.51	0.89	1.06	1.02	0.47	0.71	1.21	7.66
TECNOLOGIA DE DIAGNOSTICO Y CONTROL	1.03	1.73	1.05	1.21	1.20	0.62	0.89	1.46	9.19
SISTEMAS EXPERTOS PARA AYUDA AL OPERADOR	0.83	1.54	0.83	0.94	0.93	0.47	0.53	1.20	7.27
DESARROLLO DE NUEVOS MATERIALES	1.10	1.24	1.25	1.23	1.34	0.80	1.07	1.37	9.4
MATERIALES PARA FUSION	0.73	0.72	0.83	0.71	0.81	0.74	0.91	0.77	6.22
ALARGAMIENTO DE VIDA DE CENTRALES NUCLEARES	1.24	0.90	1.17	1.30	0.65	0.52	0.94	0.85	7.57

- Establecer nuevos procedimientos de establecimiento de temas de investigación, toma de decisiones, formas de colaboraciones y explotación de los resultados.
- Alinearse con los programas de investigación de organizaciones internacionales y con los países promotores de la investigación.
- Actualizar las instalaciones del Instituto para adecuarlas mejor a las nuevas actividades.
- Dar prioridad a las áreas de investigación para eliminar el riesgo de ineficacia por dispersión de las actividades. Se dio prioridad al acercamiento a los problemas de la tecnología en uso, por considerarse que, además de dar un mejor servicio tecnológico, se impulsaba la tecnología que se precisaría para otras áreas como reactores avanzados, rápidos o fusión.

Como consecuencia de este análisis estratégico se desembocó en una reestructuración a fondo del Instituto que culminó con una organización por Programas en los que se abordaron proyectos de Investigación totalmente conectados por Acuerdos o Contratos con el sector nuclear. Los cuatro Programas actualmente en operación son: Procesos Mineralúrgicos, Tecnología de Seguridad, Tecnología de Residuos y Materiales Estructurales.

Manteniendo la misma línea de realismo, el Instituto ha efectuado un estudio denominado "Líneas Estratégicas de Investigación y Desarrollo en Tecnología Nuclear. 1988-1991", conducente fundamentalmente a orientar la investigación que se debe hacer en función de las tendencias existentes y de la situación actual, utilizando procedimientos de análisis oportunos y que conducen a una organización prioritaria por áreas de las líneas de investigación más importantes (Tabla I).

CONCLUSIONES

La investigación y el desarrollo tecnológico nuclear en España en 1988 no tiene una componente movilizadora como la tuvo en los primeros años de la Junta de Energía Nuclear. Se puede considerar que la energía nuclear es un sector maduro y, como tal, demanda de la investigación y del desarrollo soluciones concretas y fiables a problemas reales y urgentes. El CIEMAT asume este cambio de situación y potencia en su Instituto de Tecnología Nuclear la creación de un grupo potente de investigadores que, conscientes de esta realidad, den la respuesta que hoy se les exige desde la sociedad y muy especialmente desde el sector nuclear.