

REACTORES TERMICOS

Por PEDRO J. LOPEZ JIMENEZ
De EPTISA, GHESA, TRSA, Empresarios Agrupados

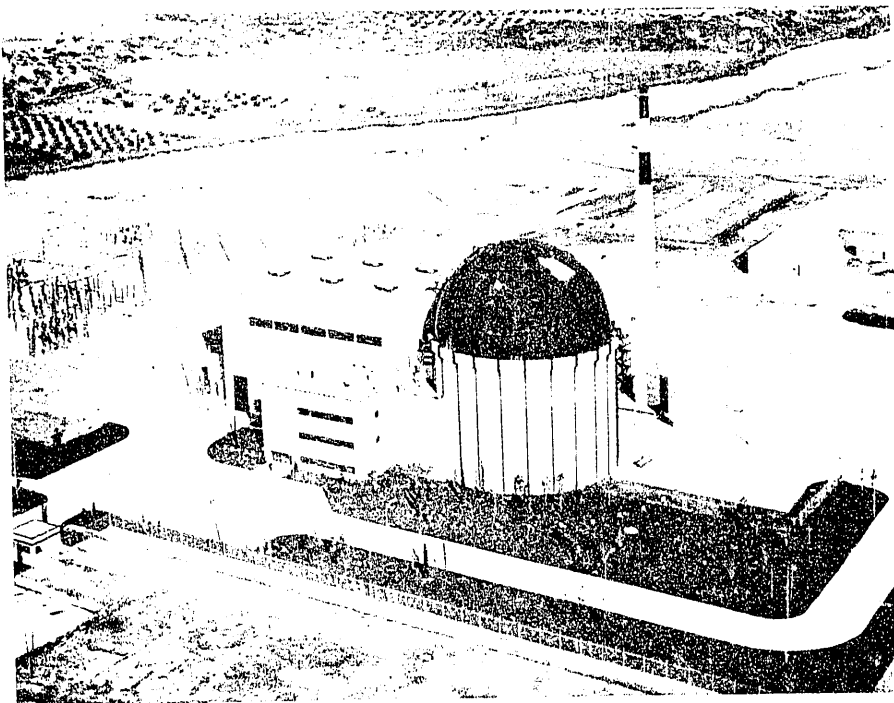
Los reactores térmicos, desarrollados con posterioridad al fin de la Segunda Guerra Mundial, como parte fundamental de la utilización para usos pacíficos de la energía nuclear, puede decirse que han alcanzado en la actualidad su plena madurez tecnológica. Madurez tecnológica reflejada por el gran número de centrales nucleares, para la producción de energía eléctrica, que se encuentran en operación, construcción o proyecto en todo el mundo desarrollado. Por otra parte, dicha madurez refleja un momento de cénit, dado que ya se presentan en el horizonte próximo los reactores reproductores o rápidos, que vendrán a sustituir en una fecha predecible, aunque no totalmente determinada, a los actuales térmicos, con el objeto de una mejor utilización del combustible nuclear.

El desarrollo de los reactores térmicos ha seguido un camino rápido y diversificado. Desde un punto de vista teórico, existía, desde el primer momento, una amplia gama de posibles tipos de reactores, como resultado de combinar diferentes combustibles (uranio natural, uranio enriquecido), diversos refrigerantes (agua, anhídrido carbónico, etc.) y moderadores (agua, grafito, agua pesada, etc.). De todos estos tipos potenciales sólo se han desarrollado unos pocos, y entre ellos cabe destacar el reactor Magnox, el reactor avanzado de gas (AGR), el reactor de gas a alta temperatura (HTGR), el reactor de agua ligera a presión (PWR), el reactor de agua ligera en ebullición (BWR), el reactor de agua pesada (HWR) y el reactor de agua pesada productor de vapor (SGHWR).

El desarrollo de los distintos tipos de reactores ha reflejado, entre otros aspectos, diversas opciones nacionales. Gran Bretaña eligió, inicialmente, el reactor Magnox de uranio natural-grafito-gas, y construyó las primeras centrales que entraron en operación comercial. Como desarrollo natural de la línea elegida, la segunda generación de centrales nucleares inglesas ha seguido la línea del reactor avanzado

de gas (AGR). En la actualidad, del orden de 6.000 MW en centrales de este tipo se encuentran en curso de realización. Durante su desarrollo han surgido multitud de dificultades, que, entre otros aspectos, se han traducido en la nula exportación, por parte de Gran Bretaña, de dicho modelo. Las dificultades básicas consistieron, en principio, en las posibilidades de reacción química entre el anhídrido carbónico, a alta temperatura y presión, y los elementos metálicos de los sistemas. Además de dichas reacciones, un diseño excesivamente precipitado de las calderas, en el interior de la vasija de presión de hormigón, originó la necesidad de cambiar sus dimensiones y aislamiento. Finalmente, aparecieron problemas adicionales, originados por las vibraciones y el ruido. Como consecuencia de todo lo anterior, la Central de Dungeness (B), comenzada en 1965 y primera de la serie de cinco del mismo tipo, no se espera entre en operación comercial hasta la segunda mitad de 1977, con un retraso de cuatro a cinco años sobre las expectativas iniciales. En cuanto al desarrollo futuro, Gran Bretaña parece haber decidido seguir la línea SGHWR, que representa el segundo cambio en el desarrollo nuclear inglés, como consecuencia de sus erróneas opciones anteriores.

En Francia, la línea seguida fue similar a la inglesa. Se desarrolló el tipo de reactor uranio natural-grafito-gas. Durante varios años Francia construyó una serie de centrales nucleares de este tipo, hasta que en 1969 suspendió el programa grafito-gas, pasando a desarrollar la línea de uranio enriquecido y agua ligera, en sus dos versiones de reactores de agua a presión y reactores de agua en ebullición. Las razones de tipo económico y el integrarse en unos tipos con mayor posibilidad de intercambio de experiencias, originaron la modificación del desarrollo francés, con decisiones de un realismo mayor al que ha presidido el desarrollo nuclear inglés. En sus dos etapas, ha exportado centrales.



Central nuclear José Cabrera.

La República Federal Alemana, llegada con retraso al campo nuclear, ha tenido un desarrollo espectacular. Durante ciertas etapas ha contado con licencias americanas, pero en la actualidad produce reactores de agua ligera, tanto en la rama a presión como en ebullición, con tecnología propia. Su esfuerzo exportador es muy fuerte en la actualidad.

Como último país desarrollado en el campo nuclear dentro de la Europa Occidental, Suecia, ha desarrollado tecnología propia en la línea de reactor de agua ligera en ebullición. Como peculiaridad del desarrollo sueco se presentan las centrales de pequeña potencia, con utilización mixta para producción de electricidad y calefacción urbana.

Entre los países socialistas, la Unión Soviética, debido a sus ingentes reservas de combustibles fósiles, ha desarrollado un programa nuclear menor al esperable, dada su potencia industrial. No obstante, a través de reactores con potencia variable entre 400 y 1.000 MW, dispone actualmente de una docena de unidades, todas ellas de la línea de uranio enriquecido y agua ligera a presión. Por otra parte, su papel relativamente modesto en el campo de los reactores térmicos se ve contrapesado por su posición destacada en el desarrollo de la tecnología de los reactores rápidos.

Otros tres países destacan por sus esfuerzos en el campo de la tecnología nuclear. El Canadá, asociado durante la Segunda Guerra Mundial en los programas nucleares de los aliados, inició muy pronto su participación en la utilización pacífica de la energía nuclear. Su riqueza en recursos de uranio natural y la dimensión de las instalaciones necesarias para los procesos de enriquecimiento del uranio, le han llevado a desarrollar el reactor Candu de uranio natural, con agua pesada como moderador y refrigerante. Dicho programa se ha desarrollado, asimismo, para la exportación. Japón, a través de numerosos acuerdos de colaboración técnica, realiza centrales tipo Magnox (de agua ligera, tanto a presión como en ebullición) y del tipo térmico avanzado (ATR) similar al SGHWR británico. Por último, la India ha desarrollado reactores de agua ligera en ebullición y, posteriormente, ha optado por la técnica canadiense de agua pesada.

Los Estados Unidos han realizado el mayor esfuerzo en el uso pacífico de la energía nuclear. De acuerdo con el informe al Congreso, de 1974, por parte de la comisión de Energía Atómica americana, Estados Unidos tenía en dicha fecha 53 reactores en operación, 7 en construcción y 93 en proyecto, con una potencia total neta de 215.000 MW. Prácticamente, la

TABLA 1.— Reactores nucleares (31-12-74).

Tipo	Funcionamiento		Construcción	
	Número	Potencia (MW)	Número	Potencia (MW)
WR	51	29.233	188	181.822
WR ...	38	19.988	90	89.078
CR	35	8.141	1	159
GR	1	32	12	
HTGR ...	—	—	7	6.470
Otros ...	17	4.476	25	13.931

totalidad de dichos reactores son de agua ligera, y aproximadamente 2/3 corresponden al tipo de agua a presión. La utilización de los reactores de uranio enriquecido, por parte de los Estados Unidos, se derivó de la disponibilidad de instalaciones de enriquecimiento, como consecuencia de los programas militares previos. Por otra parte, el mayor porcentaje de participación de los reactores de agua a presión se debe, entre otras razones, al desarrollo de este tipo, en modelos de pequeña potencia y gran compacidad, para los submarinos nucleares. No obstante lo anterior, que en cierta forma indica que las decisiones iniciales fueron condicionadas, el desarrollo posterior de los diversos tipos de reactores ha evidenciado ventajas eco-

nómicas y técnicas a favor de la línea de uranio enriquecido y agua ligera.

Como resumen de la situación actual en el mundo, la tabla 1 nos muestra la distribución de reactores, en funcionamiento y construcción, existentes en el mundo a finales del año 74, agrupados según los distintos tipos.

La evolución de las diversas opciones de reactores ha terminado en un predominio de los de agua ligera, como consecuencia de ventajas técnicas y económicas. De hecho, las excepciones a esta regla o están originadas por razón de recursos propios, como en el caso de Canadá, o se deben a motivos menos tranquilizadores, como es el deseo de aplicaciones militares, a través de los reactores térmicos, en algún otro caso.

La Empresa Nacional de Electricidad británica C.E.G.B. (Central Electricity Generating Board) realizó un estudio comparativo, cuya imparcialidad no es dudosa, dado que probablemente deseaban demostrar lo contrario que se presenta en la tabla 2.

Tomando como base los reactores de agua ligera, recientemente, Electricité de France consideraba los costes del kilovatio-hora de origen nuclear en 6 céntimos de franco, en relación con 10,2 céntimos de franco para los kilovatios-hora procedentes de medios convencionales. Estimaba, asimismo, que la estructura de precio del kilovatio-hora de origen nuclear origina un incremento de 6 a 6,61 céntimos de fran-

TABLA 2.— Evaluación del C.E.G.B. de los costes de las diferentes centrales. (Millones de dólares.)

	MAGNOX	AGR	HTGR	SGHWR	PWR
Sistema nuclear de suministro de vapor (N.S.S.S.).	255,2	195,8	132,0	147,4	110,0
Construcción, incluyendo N.S.S.S.	530,2	376,2	312,4	330,0	290,4
Intereses durante la construcción	158,4	112,2	92,4	99,4	88,0
Combustible inicial	33,0	41,8	28,6	39,6	30,8
Coste total de operación		114,4	138,6	107,8	103,4
Coste total actualizado	805,2	644,6	572,0	576,4	512,6
Coste de producción (cts./kWh)	90,06	71,25	63,84	63,84	57,57

hipótesis: Dólares 1973.

Factor de utilización: 64 por 100.

Coste del dinero para la actualización: 10 por 100.

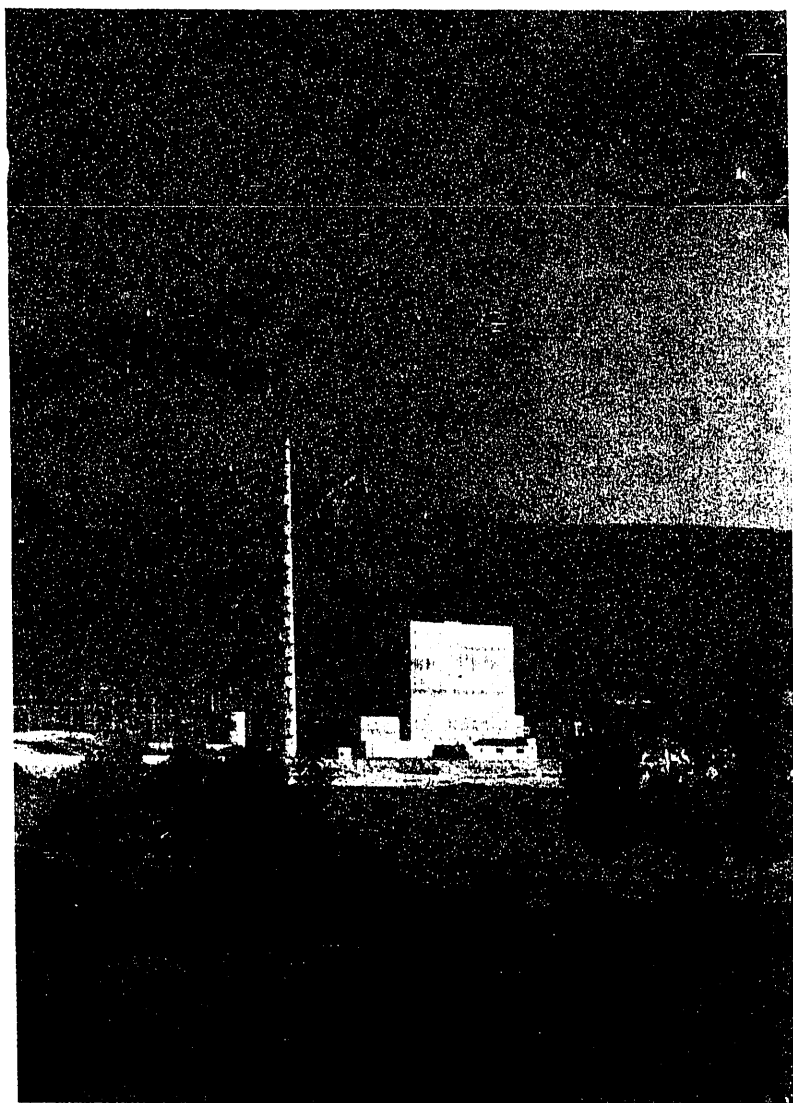
Período de amortización: veinticinco años.

co, como consecuencia de un incremento al doble en el precio del uranio natural. Por su parte, en Estados Unidos se prevé para 1982 un coste del kilovatio-hora de origen nuclear del 70 por 100 del generado en centrales de carbón.

Los datos anteriores muestran un panorama de madurez de los reactores térmicos, evolucionado a un predominio de los de agua ligera, con una situación económica ventajosa respecto a los medios de generación eléctrica convencionales y una extensión de su utilización prácticamente a la totalidad de los países económicamente desarrollados. Para 1985, se prevé que en la Comunidad Económica Europea los reactores térmicos representarán un 35 por 100 de la potencia eléctrica total instalada. En

el resto de países europeos pertenecientes a la OCDE dicho porcentaje será del 29 por 100. En América del Norte, el porcentaje se espera que represente el 32 por 100. La tabla 3 nos muestra la evolución de la capacidad eléctrica y, dentro de ella, la participación nuclear en una serie de países significativos pertenecientes al FORATOM.

En España, la primera generación de centrales nucleares consta de la Central Nuclear José Cabrera, con una potencia de 160 MW, del tipo de agua ligera a presión, y puesta en servicio en 1968; la Central Nuclear de Santa María de Garoña, con una potencia de 460 MW, del tipo de agua ligera en ebullición, y puesta en servicio en 1971, y la Central Nuclear de Van-



Central nuclear Santa María de Garoña

TABLA 3.— Las capacidades energéticas eléctricas y nucleares para 1975 y proyectos para 1980 y 1985 para los países del FORATOM. (En MWe.)

PAIS	CAPACIDAD DE GENERACION ELECTRICA			CAPACIDAD NUCLEAR		
	1975	1980	1985	1975	1980	1985
Dinamarca	6.700	9.800	13.000	—	3.300	7.200
Francia	47.500	68.000	100.000	3.300	20.000	55.000
Rep. Fed. Alemana	70.000	90.000	110.000	5.000	22.000	46.000
Italia	73.000	100.000	130.000	6.000		50.000
Japón	44.000	65.000	83.000	1.450	5.500	20.000
Holanda	13.500	17.000	22.000	500	6.500	26.000
Reino Unido			27.000		2.000	8.000
España	22.500	39.900	59.000	1.000	8.000	23.500
Suecia	23.600	33.800	46.000	3.180	8.250	16.000
Suiza	12.000	15.000	17.000	1.000	3.800	6.000
Estados Unidos			18.000			7.000
Inglaterra	75.000	85.000	110.000	8.050	12.000	20.000

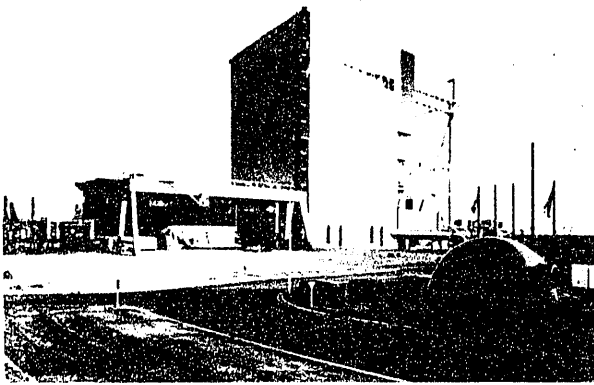
dellós, del tipo de uranio natural-grafito-gas, y puesta en servicio en 1972.

En la actualidad, se encuentran en construcción 6 unidades de 930 MW cada una, del tipo de agua ligera a presión, distribuidas en grupos de dos en las centrales nucleares de Almaraz, Lemóniz y Ascó, y con fechas de puesta en servicio a lo largo de 1977 y 1978, así como la Central Nuclear de Cofrentes, con una potencia de 970 MW, con puesta en marcha en 1979, y del tipo de agua ligera en ebullición. En etapas de anteproyecto y solicitud de autorización administrativa se encuentran diversas centrales. de acuerdo con los objetivos marcados por el Plan Energético Nacional, que prevé una potencia de origen nuclear de 23.600 MW, en operación para 1985.

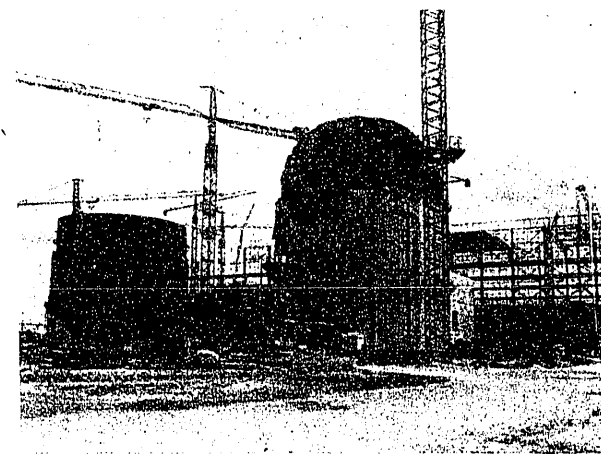
La integración de España en la economía occidental, a su nivel de país alcanzando las últimas etapas del despegue económico, produce el que no existan elementos diferenciales significativos, con respecto a la resolución de nuestras necesidades energéticas, respecto a las soluciones adoptadas por los países desarrollados. De existir algún elemento diferencial éste sería la especial carencia de recursos energéticos convencionales en el país y, por tanto, la mayor necesidad de utilización de centrales nucleares. En este sentido, podría decir-

se que la afirmación de que España es diferente, útil a efectos turísticos, afortunadamente no es apropiada en cuanto a las previsiones y provisiones de desarrollo energético, base del desarrollo económico. En efecto, los porcentajes de participación de la energía de origen nuclear en el total de la energía, en su proyección hacia 1985, son similares a los de países equivalentes o con mayor grado de desarrollo. En cuanto al tipo de centrales instaladas, dentro de un esquema de libertad de decisión condicionada por las necesarias autorizaciones de la administración pública, las centrales nucleares, en proceso de construcción, siguen los tipos considerados, de forma casi universal, como más rentables y seguros. Las resoluciones de la Dirección General de la Energía, otorgando autorización previa a las empresas eléctricas para la instalación de centrales nucleares, han incluido el requerimiento de una justificación, a través de estudios comparativos, del tipo de reactor a utilizar. Justificación que ha sido necesario entregar con anterioridad a la autorización de construcción.

La participación española en el desarrollo del campo nuclear es tratada en otro trabajo dentro del presente número. España no ha desarrollado tecnología propia, situación claramente motivada por el nivel de nuestro desarrollo



Central nuclear de Vandellós.



Central nuclear de Almaraz. Situación de las obras.
Mayo 1975.

técnico y económico. No obstante, el acceso a la tecnología nuclear se va produciendo de forma rápida. El incremento de la investigación básica, el avance en los requerimientos de participación nacional en la fabricación de equipos y componentes y los acuerdos internacionales de colaboración técnica, deberán merecer especial atención en los próximos años para que la instalación de centrales nucleares para cubrir las necesidades energéticas produzca, en paralelo, el apropiado incremento en capacidades técnicas y productivas, orientadas tanto al mercado interior como a la exportación.

Los reactores térmicos representan una etapa, concreta y definida, en la resolución de los problemas energéticos. A la objeción sobre el volumen real de las reservas mundiales de combustible nuclear, para su utilización en reacto-

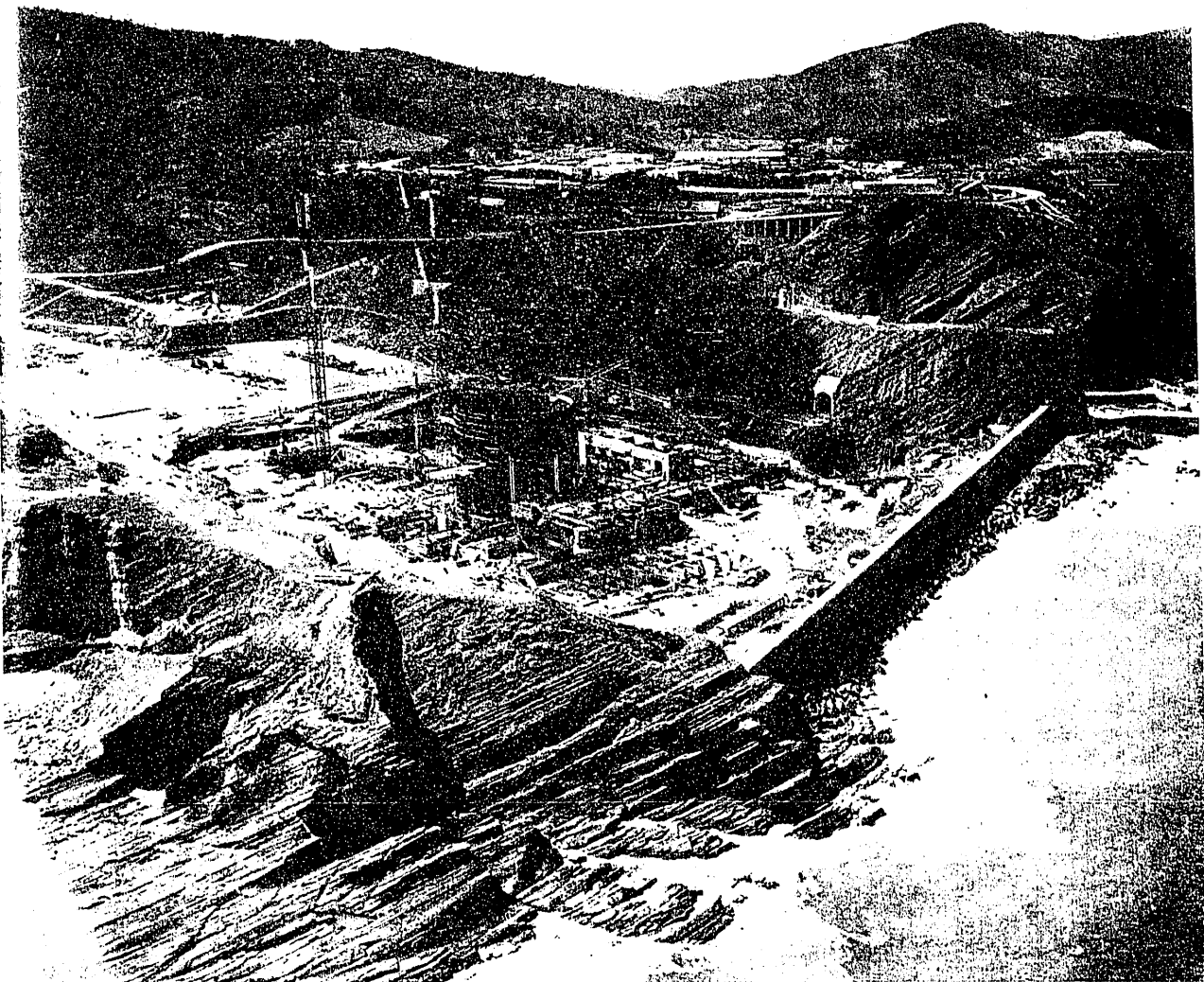
res térmicos, se puede contestar no con la discusión sobre cuál es dicho volumen de reservas, aspecto con problemática esencialmente igual a la de otras materias primas imprescindibles, sino con el argumento de que, realmente, los reactores térmicos serán utilizados durante un plazo probablemente inferior a cincuenta años, para dar paso, posteriormente, tanto a los reactores rápidos como a otras formas de energía.

Si hubiese que utilizar dos palabras que reflejasen los aspectos fundamentales de los reactores térmicos, probablemente dichas palabras serían: seguridad y controversia. La combinación de ambos conceptos es aparentemente paradójica, puesto que si el aspecto fundamental de los reactores térmicos es el desarrollo de los conceptos de seguridad, no parece excesivamente lógico que la contrapartida sea una profunda controversia.

Sin embargo, la situación real es de controversia. Dicha controversia nace en los Estados Unidos, a finales de la década de los 60, y puede entenderse en función de dos factores básicos. En primer lugar, la dificultad de conseguir explicar al conjunto de la sociedad aspectos de gran complejidad técnica. En segundo lugar, la crisis de confianza en las instituciones, que origina una posición de recelo ante aspectos cuya complejidad técnica no es fácil de entender. La controversia nuclear de los Estados Unidos se ha extendido al resto de los países, en especial a los de Europa Occidental. España no ha sido una excepción en el planteamiento de estos problemas. La controversia sobre las centrales nucleares presenta una gran diversidad, por lo que el esfuerzo de síntesis resulta difícil. No obstante, intentaremos resumir cuáles son sus aspectos fundamentales, que dividiremos en dos grupos, compuestos, respectivamente, por problemas inexistentes amplificados por la falta de información y por problemas con algún tipo de incertidumbres reales.

Dentro del primer grupo tenemos:

- Los temores a la explosión de las centrales. No se trata de que sea un riesgo de baja probabilidad, sino una imposibilidad física.
- Los riesgos existentes, durante la operación normal de la central, para el entorno de dicha central. Dichos riesgos en



Central nuclear de Lemóniz. Situación de las obras. Abril 1975.

términos de radiación en operación normal para el entorno de las centrales, son absolutamente irrelevantes. A pesar de la dificultad de cuantificar estos problemas, existe un consenso técnico mayoritario alrededor de cifras como las reflejadas en la tabla 4.

- Las incertidumbres derivadas de las reservas de combustible. Ya ha sido comentado anteriormente que, efectivamente, los reactores térmicos no constituyen una solución a largo plazo, pero parecen irremplazables a medio plazo y, además, en condiciones económicas favorables.
- La dependencia energética, tanto en cuanto a la tecnología de las centrales

TABLA 4

Factores que tienden a disminuir la vida media	Disminución (años)
Obesidad: 25 por 100	3,6
Hombre V. mujer	3,0
Fumar:	
— 1 cajetilla diaria	7,0
— 2 cajetillas diarias	10,0
Vida en ciudad y campo	5,0
Radiación de las centrales nucleares 1970	Menos de 1'
Radiación estimada de las centrales año 2000	Menos de 30'

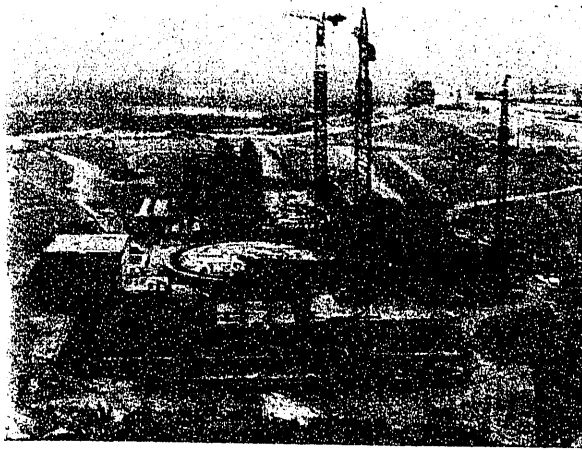
como en la disponibilidad de uranio enriquecido. En cuanto al suministro de las propias centrales, existen alternativas en el mundo occidental a través de Estados Unidos, Alemania, Francia y Suecia sólo en el tipo de agua ligera, lo cual elimina posiciones monopolíticas. Respecto al uranio enriquecido, puede proceder de Estados Unidos o Rusia y, muy en breve, de consorcios europeos (Eurodif y Urenco). En definitiva, la dependencia en este tema no es mayor que en muchos otros, dentro del proceso de progresiva interrelación económica de los países. Por otra parte, la confianza en la estabilidad de las fuentes de suministro parece evidentemente mayor en este campo que en el petrolífero.

- En cuanto al efecto de las centrales nucleares sobre su medio ambiente, comentado el aspecto irrelevante de las radiaciones en operación normal, queda como aspecto fundamental el de la polución térmica. Dicha polución térmica es sensiblemente igual a la de las centrales convencionales, y, por tanto, no constituye un elemento diferencial respecto a las medidas que, en relación con el problema, deban adoptarse. Respecto a otros tipos de polución como la química, la situación es claramente favorable y, en este sentido, se puede decir que la energía de origen nuclear permite la generación más limpia.
- Dentro de los aspectos de la controversia que no constituyen objeciones serias, podemos considerar los comentarios desenfocados sobre el uso de las experiencias de operación y sobre las actualizaciones de los requerimientos técnicos. La realidad es que, en todo el mundo, en centrales en construcción se efectúan modificaciones en paralelo con dicha construcción, para mejorar las condiciones de seguridad, de forma que puede afirmarse que las centrales, en general, no reflejan el estado de la técnica de la fecha de comienzo de su proyecto, sino de fecha cercana a la de su terminación. Por otra parte, las exhaustivas inspecciones de las centrales en servicio permiten detectar aspectos problemáti-

cos que inmediatamente son corregidos y, además, difundidos, para su corrección en centrales similares donde no haya sido detectada la posibilidad de problemas. El efecto de estos planteamientos permanentemente estrictos son los excelentes resultados de la industria nuclear, en cuanto a seguridad. La cruz de la moneda consiste en la utilización de dichos datos de manera deformada, como supuesto síntoma de los innumerables problemas de las centrales nucleares. Desgraciadamente, este apartado constituye uno de los preferidos por los grupos contrarios a la energía nuclear, lo que disminuye el nivel del necesario debate y crea buena parte de la confusión.

Entre los aspectos que merecen el análisis serio y la información adecuada a la opinión pública, tenemos dos fundamentales:

- Las posibilidades de producción de accidentes serios. Como hemos dicho con anterioridad, la postulación de accidentes como orientación de diseño, construcción y operación está en la base de los criterios de seguridad de la industria nuclear. Desde el comienzo de la industria nuclear, este área ha sido la de atención prioritaria. El volumen de estudios e información técnica generados es extraordinario. En Estados Unidos, en el año 1974, la Comisión de Energía Atómica editó el Informe Rasmussen, que consiste tanto en una recopilación de información y estimación de probabilidades de los diversos riesgos como en un intento de hacer las conclusiones conceptualmente asequibles a la opinión pública. Sobre este informe se han abierto los oportunos debates antes de su edición definitiva. Los diversos debates están aportando modificaciones que no alteran las conclusiones fundamentales. Dichas conclusiones establecen los niveles de riesgos, como consecuencia de accidentes serios en centrales nucleares, en niveles muy inferiores al de otras actividades de la sociedad de nuestro tiempo. Puede decirse que las discusiones sobre este aspecto deberían empezar por



Central nuclear de Ascó. Situación de las obras.
Febrero 1975.

el conocimiento del Informe Rasmussen. Se incluye como tabla 5 el cuadro del citado informe, en que se sintetizan las probabilidades de sucesos naturales y ocasionados por la actividad del hombre y, entre ellas, la evaluación de consecuencias de accidentes en centrales nucleares.

TABLA 5. — Probabilidad de sucesos naturales y ocasionados por la actividad del hombre.

Tipo de sucesos ocasionados por act. h.	Probabilidad de 100 ó más muertes (años)	Probabilidad de 1.000 ó más muertes (años)
Accidente aéreo .	1 en 2	1 en 2.000
Incendios	1 en 7	1 en 200
Explosiones	1 en 16	1 en 120
Gases tóxicos ...	1 en 100	1 en 1.000
<i>Naturales:</i>		
Tornados	1 en 5	Muy pequeña
Furacanes	1 en 5	1 en 25
Sismos	1 en 20	1 en 50
Impacto de meteorito	1 en 100.000	1 en 1.000.000
<i>Factores:</i>		
Defectos centrales	1 en 10.000	1 en 1.000.000

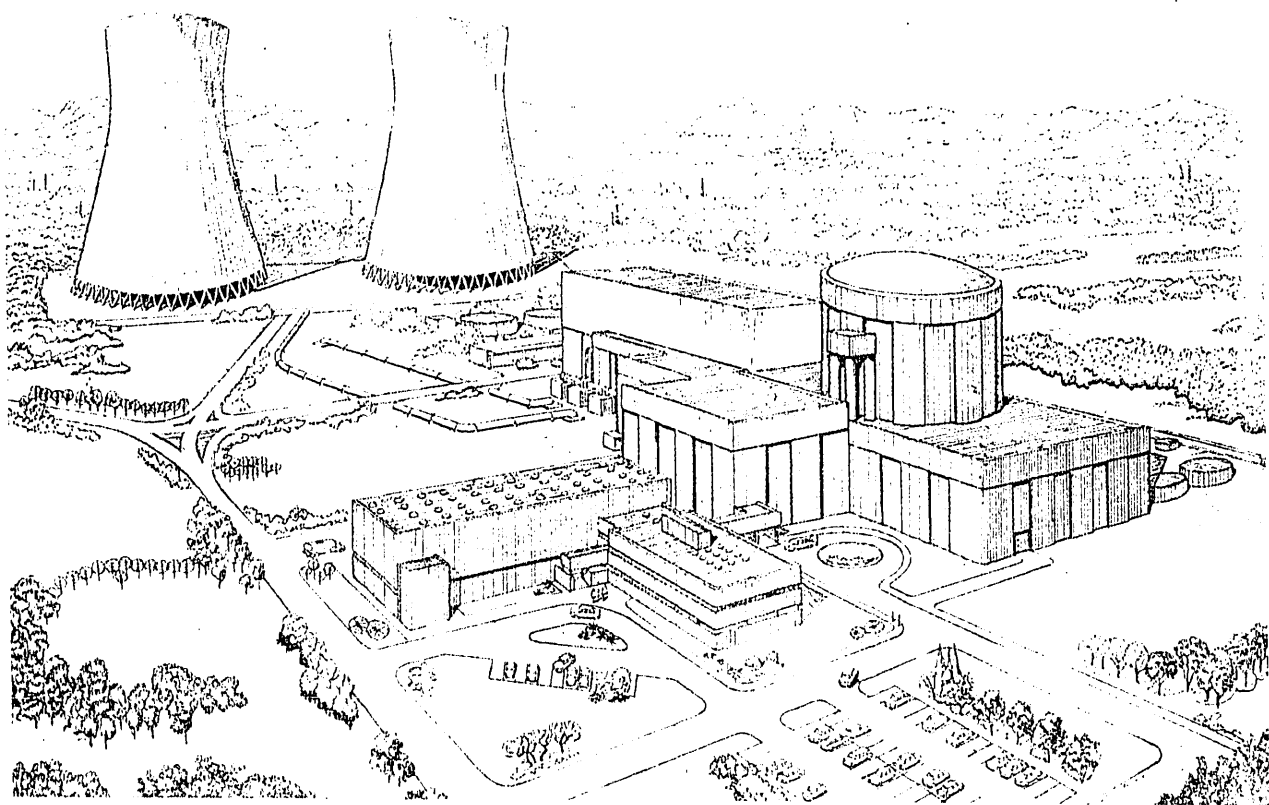
Informe Rasmussen, agosto 1974.

— El problema de los residuos radiactivos. Constituye un aspecto no totalmente resuelto en la actualidad. Existen soluciones concretas con carácter temporal, pero, sin embargo, no se ha encontrado un empleo satisfactorio a largo plazo. El volumen de dichos residuos es pequeño, considerando no los actuales, sino los que se generen durante la etapa de aplicación de los reactores térmicos, con el número de centrales que se prevén. Existe una profunda investigación sobre el problema, y es de esperar que se alcancen soluciones técnicas apropiadas que eviten lo que en otro caso consistiría en el problema de almacenar un cierto volumen de materiales radiactivos, que de cualquier forma puede cifrarse en pocos miles de metros cúbicos a largo plazo. Por supuesto, no es un problema nacional, sino mundial, así como los esfuerzos para su solución.

En definitiva, en relación con la controversia nuclear, no cabe más que un esfuerzo decidido de información a la opinión pública. En último extremo, lo que está en juego es la posibilidad de desarrollo económico a través de la disponibilidad de energía, y sobre ello la opinión pública debe ser informada y poder manifestarse. No se debe afirmar que la utilización de los reactores nucleares no comporta ningún riesgo. Debe explicarse, con el grado de detalle con que sea necesario, en cada caso, cuáles son los riesgos existentes, tanto en las centrales como en las distintas etapas del ciclo de combustible, riesgos muy inferiores a los de otras actividades de la sociedad moderna, las cuales, sin embargo, no presentan la importancia para la comunidad, en la base de su desarrollo económico, que tiene el suministro de energía.

Existen una serie de factores que podemos considerar básicos en cuanto a la minimización de riesgos de las centrales. Mencionaremos varios, con carácter no excluyente, y de forma necesariamente breve.

En primer lugar, la investigación y la disponibilidad de la tecnología para su difusión. No existen antecedentes, en el campo industrial, de programas de investigación y desarrollo tan amplios como los efectuados en relación con la



Central nuclear de Cofrentes. Perspectiva de composición.

industria nuclear. Tampoco existen de la disponibilidad de la información en forma similar a como ésta puede ser obtenida en los organismos oficiales de los distintos países, del tipo de la Comisión de Energía Atómica americana o de la Junta de Energía Nuclear española.

Por otra parte, debemos mencionar el carácter predominante de los conceptos de seguridad. Puede afirmarse que el criterio fundamental de diseño de las centrales nucleares no tiene equivalente en relación con otras instalaciones industriales. En efecto, en las centrales nucleares el criterio prioritario es la seguridad, y dicho criterio se manifiesta a través de: la postulación de los accidentes posibles; el desarrollo de equipos, sistemas y estructuras en orden a evitarlos; el establecimiento de barreras consecutivas para minimizar sus consecuencias; la redundancia o duplicación de los sistemas relacionados con la seguridad; el diseño

de estructuras, sistemas y componentes, con capacidad de funcionamiento adecuado ante las condiciones sísmicas más desfavorables; la compleja y especial atención a la fiabilidad individual de todos y cada uno de los componentes; y un largo etcétera de toda una tecnología orientada a la seguridad.

Respecto a los aspectos normativos, existe una legislación *ad hoc* extremadamente detallada y en una continua evolución. En todos los países, la instalación de centrales nucleares está sujeta a complejos procesos de autorización. En particular, en España, el Estado ha regulado la actividad nuclear mediante el sistema de Ley única de 29 de abril de 1964. El capítulo quinto de dicha Ley trata de las autorizaciones para las instalaciones nucleares y las instalaciones radiactivas. Además de esta Ley existe el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas que la complementa y

que fue aprobado por Decreto de 21 de Julio de 1972. El Reglamento establece el régimen de autorización a través de tres etapas sucesivas: la autorización previa, que reconoce oficialmente el objetivo propuesto y el emplazamiento elegido, y que faculta para solicitar la siguiente autorización; la autorización de construcción, que permite el comienzo de las obras de la central; y, por último, la autorización de puesta en marcha que se desglosa en dos fases: el permiso de explotación provisional y el permiso de explotación definitivo. Adicionalmente, con anterioridad al permiso de explotación provisional, es necesario obtener un permiso de almacenamiento temporal del combustible nuclear para la instalación.

El control no se reduce, en absoluto, a los aspectos administrativos de necesidad de obtención de las autorizaciones anteriores. Como trasfondo y base de las documentaciones necesarias y sus correspondientes análisis, existe un conjunto de normas técnicas en continuo desarrollo y sin equivalente en otro tipo de industrias. La pauta en este desarrollo técnico ha sido dada por la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos, que ha ido emitiendo unas guías de regulación, las cuales en base a normas técnicas, detalladas y extensas han ido estableciendo los criterios de diseño, construcción y operación de las centrales, en cuanto a sus distintos componentes y sistemas. Dicha filosofía ha sido adoptada, en particular, por la Administración pública española, de forma que las centrales nucleares en operación y construcción en España han cumplido y cumplen unos requerimientos al menos tan estrictos como los exigidos en Estados Unidos.

Aspecto importante de la disminución de riesgos en las centrales nucleares es la garantía de calidad. Se entiende por garantía de calidad el conjunto de las acciones planeadas y sistemáticas necesarias para proporcionar la confianza adecuada en que todo componente, sistema o estructura se comportará satisfactoriamente en servicio. De hecho, implica la con-

secución del máximo nivel de calidad posible de acuerdo con el estado de la técnica. Su operatividad se consigue, expuesto brevemente, a través del establecimiento y seguimiento para todas las estructuras, componentes y sistemas relacionados con la seguridad nuclear, de un programa de garantía de calidad. Dicho programa incluye: todos los requerimientos de calidad; su forma de inspección y cumplimiento; la realización de pruebas adicionales a las de control de calidad en forma de auditorías; y la ordenación y conservación de las evidencias documentales de las previsiones y controles efectuados. Tanto la aprobación de los programas de control como las auditorías y conservación de evidencias documentales, es decir, la administración del programa de garantía de calidad, deben ser realizadas a todos los niveles y en todas las organizaciones por ramas de la organización independientes de las líneas de producción. La garantía de calidad constituye el elemento operativo para conseguir que las formulaciones de las extremadamente restrictivas normas técnicas se plasmen en la realidad.

En definitiva, el campo de la aplicación de los reactores térmicos a la producción de energía eléctrica nos presenta en la actualidad un panorama en el que destacan su extensión entre los países desarrollados y la utilización mayoritaria de los tipos de agua ligera. Las centrales en proyecto y construcción van teniendo perfeccionamientos, dentro de una tecnología dominada por los objetivos de seguridades máximas. Finalmente, es necesario un esfuerzo continuado de información a la opinión pública, teniendo en cuenta las dificultades de simplificación a efectos divulgativos de aspectos técnicos complejos. La utilización de reactores térmicos no parece presentar alternativa, a medio plazo, como fuente de energía, y no hay por qué suponer, dada la necesaria información, que la respuesta social a la alternativa riesgos-beneficios en las centrales nucleares sea distinta a la de otras áreas industriales, en muchos casos más problemáticas y, en general, de menor importancia básica.

COLEGIO INGENIEROS DE CAMINOS
BIBLIOTECA