

la experiencia adquirida con los reactores de potencia

El empleo de la energía nucleoelectrica marcó un hito el pasado mes de marzo, cuando entró en servicio el centésimo reactor de potencia de los Estados Miembros del OIEA.

Diecisiete años han transcurrido desde que el primer reactor de potencia, el reactor APS, comenzó a funcionar en la Unión Soviética en mayo de 1954; el segundo centenar de reactores de potencia entrará probablemente en servicio de aquí a cuatro años.

Al final de 1970 funcionaban en los Estados Miembros 98 reactores de potencia, con una producción total de 20 000 MWe (véase la figura 1) y una experiencia acumulada que totalizaba 685 años-reactor de potencia. La producción total de las centrales nucleares era entonces de 350×10^9 kWh, conseguida en condiciones de seguridad verdaderamente notables.

La experiencia obtenida con las centrales nucleares en la década 1960—1970 fue de enorme valor para aumentar las condiciones de seguridad y la fiabilidad y regularidad de funcionamiento de las nuevas centrales. Se ha tropezado con los inevitables escollos iniciales que tan a menudo se dan en las plantas industriales de tecnología inédita y avanzada, en especial porque el tamaño medio unitario ha aumentado rápidamente como resultado de la tendencia a construir centrales cada vez mayores por razones económicas. Por consiguiente, la experiencia adquirida con centrales y componentes más pequeños tuvo que utilizarse para centrales mucho mayores.

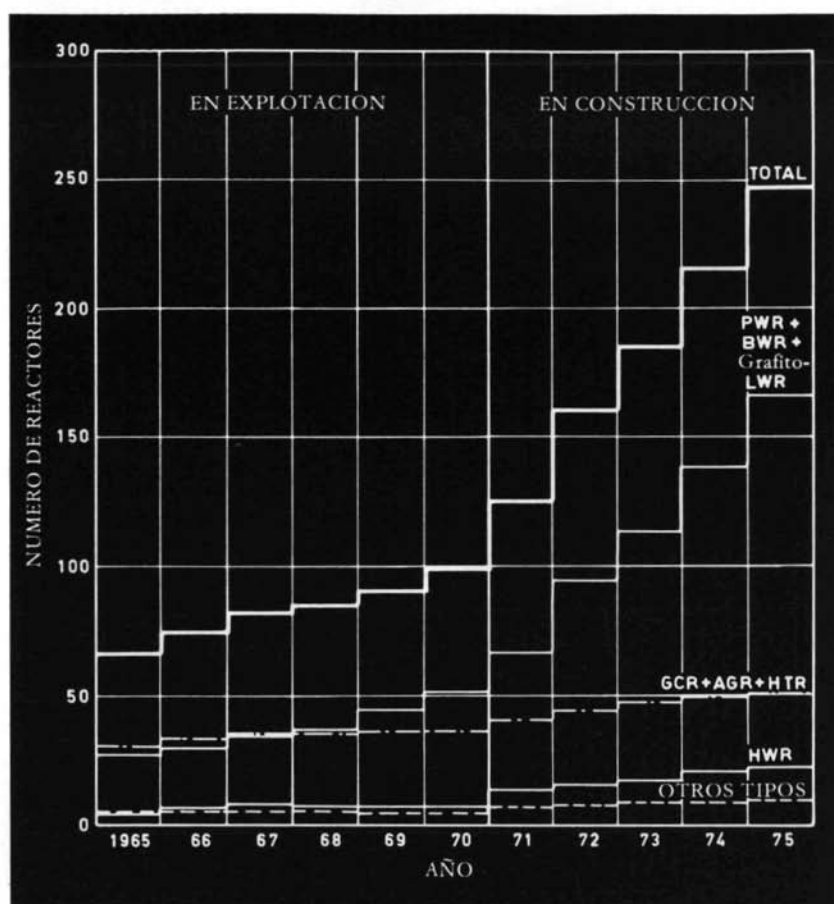


Figura 1. Número de reactores de potencia en explotación y en construcción.

A mediados de la década 1970—1980 se espera que entren en servicio un número sustancial de grandes centrales nucleares (la mayoría de ellas con reactores capaces de generar entre 500 y 1200 MWe). Muchas utilizarán diseños duplicados, lo que permitirá aprovechar directamente la experiencia ya adquirida y conseguir una mayor economía y fiabilidad. Esto es muy oportuno ya que las compañías eléctricas reclaman un alto grado de rendimiento. Como los fabricantes no están dispuestos ya a ofrecer centrales baratas y totalmente terminadas, y como hay que cumplir requisitos cada vez más rigurosos, el ritmo de los nuevos pedidos de centrales nucleares dependerá de muchos factores, en especial el rendimiento de las centrales existentes.

El OIEA, como parte de sus actividades en la esfera de la energía nucleoelectrica, atribuye gran importancia a la presentación de datos acerca de la experiencia con centrales nucleares y publica un informe anual sobre la experiencia adquirida con la explotación de centrales nucleoelectricas en los Estados Miembros. Para ello, además de analizar las obras publicadas, utiliza un sistema de corresponsales nacionales designados oficialmente en el que participan todos los Estados Miembros que explotan centrales nucleares. Estos corresponsales obtienen los datos necesarios de las respectivas fuentes nacionales y, en los casos convenidos, las compañías eléctricas u otros grupos envían esta información directamente al OIEA.

El primer informe anual de este tipo correspondió al año 1969 y se publicó en la Colección de Informes Técnicos del OIEA con la signatura IAEA-127. Se está preparando para su pronta publicación el informe correspondiente a 1970. El OIEA fomenta también las reuniones para el intercambio de conocimientos teóricos y prácticos. En noviembre de 1969 tuvo lugar en Praga un Simposio sobre rendimiento de componentes de reactores de potencia cuyas actas se han publicado ya.

El informe IAEA-127 antes citado reseña la experiencia adquirida con cada uno de los reactores que funcionaron en la década 1960—1970. A continuación se indican los datos más importantes para cada uno de los principales tipos de reactor. Las opiniones expresadas son las de los funcionarios del OIEA que han preparado este informe.

Reactores de agua ligera

Los reactores de agua ligera (de agua a presión, de agua hirviendo y moderados con grafito y refrigerados con agua) se desarrollaron rápidamente en 1960—1970 y predominarán probablemente en los programas de energía nucleoelectrica de la década siguiente (figura 1). Al final de 1970 funcionaban 51 reactores que habían generado cerca de 120×10^9 kWh de electricidad y se estaban construyendo otros 125 reactores con una capacidad total de 75 000 MWe. La primera generación de reactores de agua ligera, con dimensiones unitarias de hasta 250 MWe, muchos de los cuales eran unidades experimentales o prototipos, ha servido para demostrar que este tipo de reactores son técnicamente viables, seguros y fiables, y ha sentado las bases para extrapolar sus características de tamaño y los nuevos perfeccionamientos tecnológicos. Los factores de disponibilidad y capacidad* de este grupo fueron por término medio del 70% y del 50%, respectivamente, en los cinco primeros años. Las centrales tropezaron con numerosas dificultades y en algunos casos fue necesario introducir grandes modificaciones. Sin embargo, una vez hechos los cambios necesarios su rendimiento mejoró mucho. Dresden-1, Yankee y Novo Voronezh-1 son ejemplos típicos de reactores de agua ligera considerados hoy día extremadamente fiables y con un coeficiente bajísimo de interrupciones forzadas, comparable al de las centrales de tipo tradicional de sus respectivos sistemas. Igualmente excelentes son sus características de respuesta a la carga (capacidad para adaptarlos a cargas variables). La experiencia general demuestra que hubo mucho menos problemas en la parte *nuclear*, cuerpo y características físicas; el control y la seguridad han demostrado también ser generalmente suficientes. Las principales dificultades se deben en su mayoría a la parte de tipo *tradicional*, resultado de un trabajo de ingeniería y de diseño insuficiente, de un control de calidad inadecuado y de un mal conocimiento del comportamiento de los materiales. Muchas de las averías tuvieron lugar en las turbinas de vapor que funcionaban en condiciones de saturación.

Los resultados iniciales del funcionamiento de la segunda generación de centrales de agua ligera fueron bastante confusos. El rápido aumento del tamaño, la incorporación de distintas innovaciones y la falta de una ingeniería y control de calidad adecuados originaron dificultades. Las

* El factor de disponibilidad es la razón entre el tiempo en que una central funciona durante un período determinado y dicho período; el factor de capacidad es la razón entre la producción media de una central y su producción autorizada durante un período de referencia.

partes más afectadas han sido las turbinas y los precintos de las bombas antiescape, produciéndose además vibraciones en los blindajes térmicos, válvulas de control y otros componentes de los circuitos primarios, incendios en cajas de cables, etc. Muchas de estas averías se debían al carácter inédito de los componentes o sistemas y pudieron arreglarse rápidamente. El factor de disponibilidad en 1970 fue superior al 80%.

La tercera generación de reactores de agua ligera (tales como el Dresden-II, de 809 MWe y el H.B. Robinson de 700 MWe) entró recientemente en servicio o se encuentra en distintas etapas de desarrollo; los informes iniciales son alentadores e indican que la industria nuclear y las compañías eléctricas han aprovechado la experiencia adquirida con las primeras centrales. En 1970 comenzaron a funcionar ocho nuevos reactores de agua ligera; las compañías eléctricas y los fabricantes los vigilan con gran interés porque ejercerán una gran influencia sobre la cartera de pedidos de reactores de agua ligera.

Reactores de agua pesada

Al final de 1970 estaban en servicio 7 reactores de potencia moderados con agua pesada y había en construcción otros 15, con una capacidad total superior a 4500 MWe. Estas centrales representan distintas variantes: reactores de vasija de presión y tubo de presión alimentados con uranio natural y refrigerados con agua pesada, reactores de tubo de presión alimentados con uranio enriquecido y uranio natural y refrigerados con agua ligera, y un modelo refrigerado con anhídrido carbónico y moderado con agua pesada. Sólo uno de estos reactores, el Douglas Point, de 208 MWe, trabaja para la industria (el Pickering-1, de 508 MWe, alcanzó la criticidad en marzo de 1971). Teniendo en cuenta el pequeño número de centrales construidas hasta la fecha y el número de variantes, la experiencia obtenida con cada uno de estos tipos es relativamente limitada en comparación con los reactores de agua ligera, y de grafito y CO_2 . Sin embargo, la tecnología de los reactores de agua pesada está estrechamente relacionada con la de los de agua ligera en lo que respecta a los materiales y componentes y puede aprovechar la experiencia adquirida con estos últimos.

La central Douglas Point ha experimentado diversas dificultades imprevistas desde su entrada en servicio en enero de 1967; sin embargo, desde entonces se han introducido diversas modificaciones en los circuitos primarios y en otros sistemas, y esto ha mejorado el rendimiento de la central. En 1970 su factor de disponibilidad era del 60%. Las máquinas para la carga en funcionamiento de NPD, Douglas Point, MZFR y SGHWR han planteado distintos problemas. Sin embargo, la experiencia adquirida es considerable, en el caso de NPD y Douglas Point se ha conseguido normalmente la recarga durante el funcionamiento. Se ha reducido considerablemente el índice de pérdidas de agua pesada, tanto en NPD como en Douglas Point. Hay que impedir las fugas de D_2O no sólo por razones económicas sino por el peligro que presenta el tritio. Las pérdidas de D_2O en los reactores de agua pesada no constituyen un obstáculo de consideración y pueden eliminarse.

Momento de ser izada hasta el techo del edificio del reactor la vasija de la tercera unidad de la central nuclear de Dresden, Morris, Illinois, tras un recorrido de 630 millas en una barcaza, desde Mount Vernon (Indiana). Foto: Commonwealth Edison Company



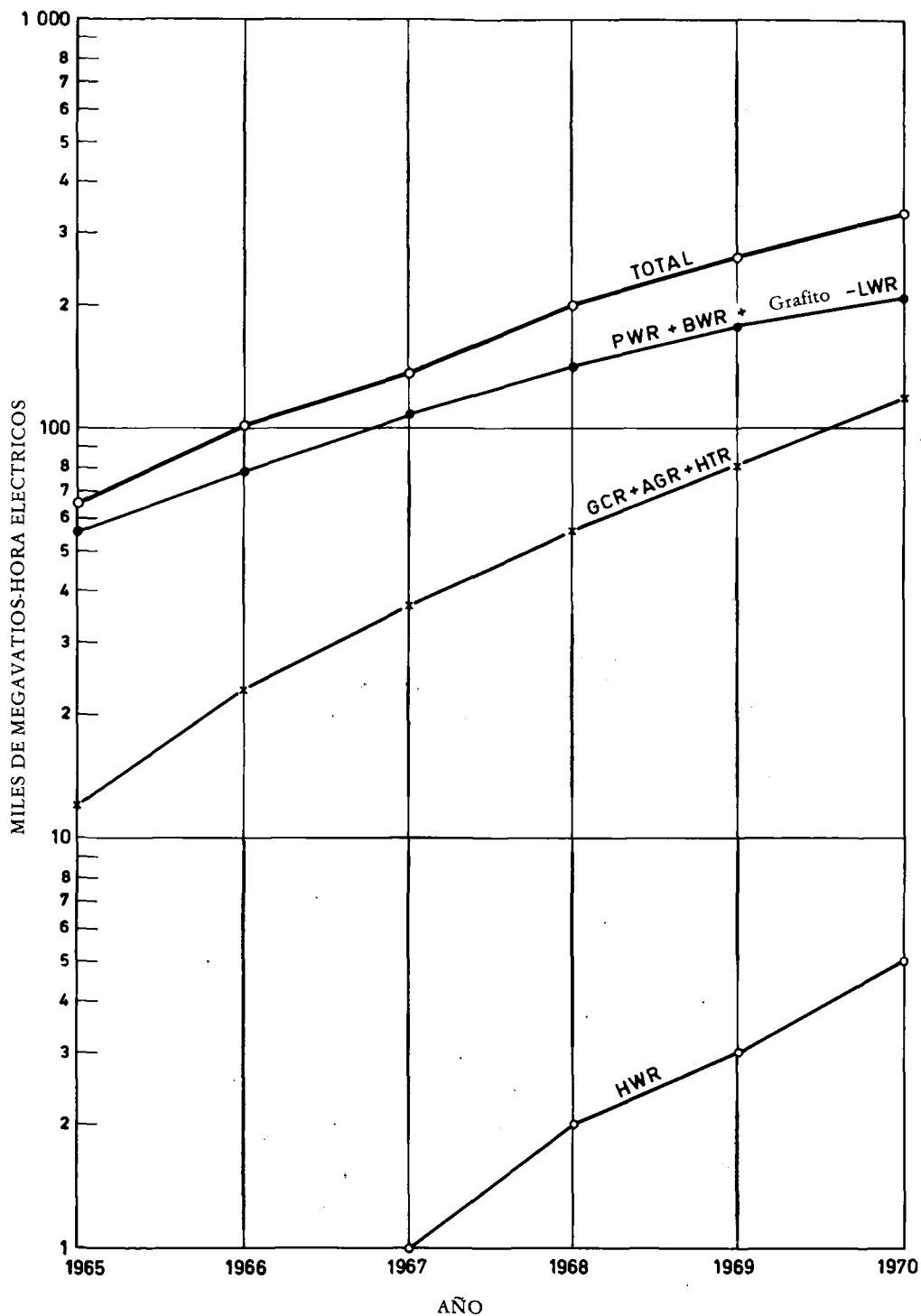


Figura 2. Total de la energía eléctrica producida por reactores de potencia.

En conclusión, los reactores de agua pesada han tropezado en su parte mecánica con dificultades que han podido resolverse en la mayoría de los casos. Los próximos años, cuando entren en servicio otras tres centrales Pickering de 508 MWe y cuatro Bruce de 750 MWe, serán cruciales para determinar si estos reactores pueden competir con los de agua ligera.

Reactores moderados con grafito y refrigerados con gas

Esta categoría comprende los reactores de uranio natural refrigerados con CO_2 y moderados con grafito, los reactores avanzados refrigerados con gas y alimentados con uranio enriquecido, y los reactores de gas a alta temperatura refrigerados con helio. Con los 33 reactores de uranio natural refrigerados con CO_2 y moderados con grafito se había acumulado hasta el final de 1970 una experiencia equivalente a 263 años-reactor, cifra que es la más elevada obtenida hasta ahora con cualquier sistema. Excepto en el caso de Calder Hall, Chapelcross y G-2/G-3, todas estas centrales se construyeron con fines industriales, aunque Chinon-1, 2 y 3 hayan desempeñado también un papel experimental, en especial para el perfeccionamiento de tipos más avanzados de elementos combustibles. La experiencia adquirida con estas centrales indica que en general pueden conseguirse altos factores de disponibilidad y capacidad.

Los principales componentes que han provocado dificultades son los circuladores de gas, los cambiadores de calor y el equipo de manipulación de combustible. En la mayoría de los casos se resolvieron sin grandes dificultades los problemas planteados por los circuladores de gas y los cambiadores de calor. La carga durante el funcionamiento posee ciertas ventajas económicas, pero se ha tardado más tiempo en diseñar las máquinas necesarias para trabajar con seguridad, lo que en muchos casos ha originado un retraso en las operaciones de carga. Estas máquinas han sido objeto de perfeccionamientos considerables.

Las dificultades más recientes planteadas por los sistemas refrigerados con anhídrido carbónico se deben al índice de corrosión del acero al carbono, que ha sido más elevado de lo previsto (de hecho, en algunos casos no se especificó con exactitud la composición del acero utilizado), en especial en las tuercas, tornillos y abrazaderas usadas encima del cuerpo y expuestas a un refrigerante muy caliente. Esto ha obligado a disminuir en unos 10°C la temperatura de funcionamiento de varios reactores Magnox del Reino Unido, lo que equivale a una reducción de potencia del 13%. Se están efectuando investigaciones detalladas acerca de las causas de esta corrosión y los métodos de eliminarla.

Los reactores refrigerados con anhídrido carbónico y alimentados con uranio natural, con los que se ha acumulado mucha experiencia, trabajan por lo general normalmente; sin embargo, por razones económicas, no se construirán más reactores de este tipo. La experiencia adquirida con el prototipo de reactor avanzado, refrigerado con gas, de Windscale es buena; dicho prototipo posee un alto factor de disponibilidad, pero se espera que entre en servicio el primer reactor grande de este tipo para ver cómo funciona. En el caso de los reactores de alta temperatura, las plantas experimentales, tales como Peach Bottom-1 de 40 MWe, AVR de 14 MWe y Dragon de 20 MWt, han funcionado satisfactoriamente; la entrada en servicio prevista para 1971 de Fort St. Vrain, de

330 MWe, iniciará una etapa muy importante en el desarrollo de este tipo de reactores.

Panorama general

Las centrales nucleares, una vez superados los períodos iniciales de dificultades y modificaciones, están empezando hoy día a producir energía en condiciones fiables. En muchos casos, el factor de disponibilidad es comparable al de las centrales térmicas de tipo tradicional. Sin embargo, para aprovechar a fondo las ventajas derivadas de su bajo costo de explotación, estas centrales nucleares no deben ser sólo tan buenas como las alimentadas con combustibles fósiles, sino que además deben poseer un factor de capacidad más alto. El no menos necesario factor de disponibilidad más alto obligará a desarrollar un vigoroso programa de análisis y estudios basados en la experiencia adquirida, así como programas continuos de investigación y desarrollo. Se admite la necesidad de proceder a un intercambio de datos prácticos con las centrales nucleares, y esta cuestión suscita gran interés entre las autoridades de energía atómica, los fabricantes de reactores y las compañías eléctricas.

Las inversiones actuales en concepto de centrales nucleares son de cinco a seis mil millones de dólares anuales, cifra que probablemente se duplicará al final del decenio. La cuantía de estas inversiones subraya la importancia de estrechar los lazos entre todos los grupos interesados en el rendimiento de las centrales nucleares, en particular en lo que respecta a la continuidad y seguridad del funcionamiento. El papel de una organización internacional como el OIEA es complementar los esfuerzos desplegados en el plano nacional y en el plano regional, y fomentar el intercambio mundial de datos prácticos, de forma de que los propietarios y fabricantes de centrales nucleares puedan aprovechar rápidamente la valiosa experiencia adquirida en los distintos países. El Organismo proyecta continuar y ampliar sus actividades en materia de acopio y difusión de informaciones sobre la experiencia adquirida con los reactores de potencia en sus Estados Miembros.

Determinación de la concentración de oligo-elementos en muestras de cabello humano: una investigadora de Aldermaston (Reino Unido) coloca las muestras irradiadas en un espectrómetro gamma automático. Foto: United Kingdom Atomic Energy Authority