

ADOLFO GARCÍA RODRÍGUEZ

LA ENERGÍA NUCLEAR EN EL SIGLO XXI ¿PAPEL DE LAS INGENIERÍAS?

Hace más de 35 años que se iniciaron en España los primeros trabajos conducentes a la introducción de la energía nuclear como una nueva fuente de generación eléctrica. Resultado de ello fue la conexión a la red, en 1968, de la Central Nuclear "José Cabrera".

La contratación de las distintas centrales del programa nuclear se planteó entonces sobre la base de la libre competencia internacional, pero con una decidida política de apoyo a la creciente participación de la industria local. En ese contexto, las empresas de ingeniería españolas iniciaron su capacitación en el campo nuclear, participando como subcontratistas de los suministradores "llave en mano" extranjeros de las tres primeras unidades que se construyeron. A partir de 1971 y siguiendo la tendencia dominante en los EE.UU., se abandona en España la contratación "llave en mano", que fue sustituida por el sistema "por componentes". Este cambio supuso un fuerte impulso al objetivo de participación global de la industria, que pasó del 45% de la inversión total, conseguida en la fase anterior, al 75% en la segunda generación de centrales y al 85% en la tercera. A las empresas de ingeniería les cupo un importante papel en el proceso, en apoyo de las empresas eléctricas propietarias y gestoras de los nuevos proyectos nucleares.

EMPRESARIOS AGRUPADOS

Es en este contexto en el que, en el año 1971, Empresarios Agrupados inicia sus actividades en España como una organización de ingeniería concebida para el desarrollo del programa nuclear. Adicionalmente, se incluyó también en su objeto la ingeniería y diseño de centrales termoelectricas. Empresarios Agrupados fue el resultado de un acuerdo de colaboración a largo plazo entre tres ingenierías españolas, EPTISA, GHESA y TRSA. A

finales de 1995, la participación de EPTISA fue adquirida por TRPI - filial de TRSA - IBERINCO - filial de IBERDROLA - UFISA - filial de Unión Fenosa - y NU I+D - filial de CSE.

La capacitación de Empresarios Agrupados se llevó a cabo a través de un acuerdo de colaboración con la ingeniería americana Gibbs&Hill, Inc. El proceso de transferencia tecnológica, que se había iniciado en 1971, se completó a finales de 1979, fecha en que se decidió la transferencia a Empresarios Agrupados de todos los trabajos de ingeniería y diseño de los proyectos nucleares en curso.

Empresarios Agrupados ha sido la Ingeniería, principal o única, de seis unidades nucleares de alrededor de 1.000 MW: dos PWR de W (Almaraz), tres BWR de GE (Cofrentes y

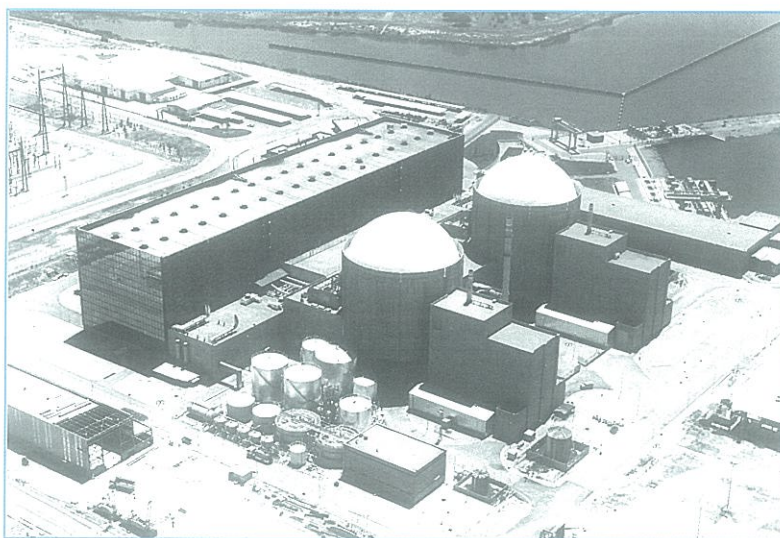
vos de 2.300 personas - en más del 80% dedicadas al campo nuclear - que, con el fin de cumplir con los contratos vigentes, necesitó incrementar hasta un máximo de 2.600 personas en 1985. En estas fechas, sólo el proyecto de la Central Nuclear de Trillo demandaba una punta de 1.400 personas, 700 en las oficinas centrales de Madrid y otras 700 en el emplazamiento. La progresiva finalización de Trillo y la falta de nuevos proyectos nucleares condicionaron una rápida disminución de los efectivos que se han estabilizado en la actualidad en unas 1.000 personas.

SITUACIÓN ACTUAL

Por una serie de circunstancias bien conocidas, la construcción de una central nuclear se ha ido convirtiendo frecuentemente en una tarea extremadamente compleja e incierta, tanto en lo que afecta a costos de inversión como a plazos de ejecución. Este hecho, unido a un creciente rechazo de la energía nuclear por parte de la opinión pública, ha determinado la paralización de los programas en muchos países. Por otro lado, soplan vientos de desregulación y libre competencia en el mercado de la generación eléctrica. A este respecto, parece impensable que los riesgos económicos históricos, registrados en el pasado

en la construcción de las centrales nucleares en muchos países de Occidente, pudieran ser asumibles actualmente en un régimen de libre competencia.

No obstante, la naturaleza limitada de los combustibles fósiles que hoy utilizamos - sobre todo el petróleo y el gas - los problemas de carácter medioambiental que su masiva utilización plantea



Valdecaballeros) y un PWR de KWU (Trillo). En tres de estas unidades (Almaraz y Trillo), el alcance de ingeniería se completó con los de dirección de proyecto, compras y activación, supervisión de construcción y pruebas y puesta en marcha.

En 1983, fecha de la moratoria nuclear, Empresarios Agrupados disponía de unos efecti-

- principalmente los asociados a la combustión del carbón - y la necesidad creciente de recursos energéticos para el desarrollo económico, harán necesario contar con la energía nuclear como la única alternativa capaz de cubrir una gran parte de las necesidades energéticas en el medio-largo plazo.

Adicionalmente a lo anterior, existen actualmente más de 350.000 MW nucleares en operación en el mundo y, aunque a un ritmo moderado, se siguen construyendo nuevas centrales. Estas circunstancias permiten y aconsejan disponer de una industria nuclear capaz de mantener eficazmente en operación el importante parque existente, introducir perfeccionamientos y mejoras en aspectos funcionales y de seguridad, prolongar el período de vida útil de las instalaciones, y obtener experiencias de interés para su introducción en el diseño de las siguientes generaciones de centrales nucleares que, sin duda, se van a requerir en el futuro.

En este contexto, el apoyo a las centrales españolas en operación, la colaboración en programas internacionales de desarrollo de la siguiente generación de centrales nucleares y la participación en muy diversos trabajos en el área internacional, han permitido a Empresarios Agrupados mantener un nivel importante de actividad en el campo nuclear, en el que continúa trabajando el 60% de su personal.

LA PLANTA ESTÁNDAR

En base a la experiencia acumulada por la industria nuclear y también al desarrollo tecnológico en diversos campos, se puede afirmar que es posible y necesario diseñar y construir centrales progresivamente más seguras, más fiables y sobre todo más económicas. Debería ser un objetivo alcanzable acercarse, con las nuevas centrales, a los niveles de costo del KWh que hoy se consiguen en las instalaciones de generación eléctrica más competitivas, sin esperar a que una nueva crisis energética - quizás más severa que las anteriores - venga a "resolvernos" este problema.

La experiencia acumulada por la industria muestra que la única vía para conseguir centrales nucleares cada vez más seguras, más fiables y más económicas es la estandarización. No se trata de un objetivo sencillo, y desde luego requiere un gran esfuerzo en ingeniería y gestión, y una abierta colaboración en el plano internacional, empezando por la aceptación de criterios de seguridad homogéneos.

La planta estándar podrá ser una instalación más segura. Se beneficiará de una ingeniería básica y de detalle más contrastada, para dar respuesta a los criterios de seguridad. Se habrá construido con mayor calidad por haber recogido la experiencia de otras unidades de la serie, y será operada con procedimientos ampliamente experimentados.

La planta estándar podrá ser una instalación más fiable. Dicha fiabilidad se derivará de un diseño



Vista general de la Central Nuclear de Zaporozhe en Ucrania

maduro, de una mayor calidad de sus componentes y de su instalación, y de un mantenimiento optimizado en base a experiencias de la serie.

La planta estándar podrá ser, finalmente, una instalación más económica. En efecto, la estandarización permitirá racionalizar la gestión general del proyecto, repartir en la serie una parte importante del costo creciente de la ingeniería, optimizar el proceso de construcción, abaratándolo y acortando además sus plazos, y disminuir los costos de operación y mantenimiento.

Existen ya experiencias de estandarización con éxito en el plano nacional, como es el caso de Francia, que demuestran que el objetivo señalado es posible. Se vienen también realizando esfuerzos en esa línea tanto en EE.UU. como en Europa. No obstante falta la decisión política necesaria para llevar a buen puerto esas iniciativas en Occidente. Por el contrario, se dan hoy mayores posibilidades de que la estandarización de las futuras centrales nucleares acabe siendo una realidad en países del Extremo Oriente, fundamentalmente Japón y China.

REESTRUCTURACIÓN DE LA INDUSTRIA NUCLEAR

El volumen de servicios de la Ingeniería - incluyendo supervisión de construcción - necesarios para una planta nuclear ha alcanzado en el pasado las cifras asombrosas que he señalado: 10 millones de horas-hombre y 1.400 personas en punta. El coste asociado a ese esfuerzo, en el orden de los 500 millones de dólares - alrededor de la inversión total en una hipotética planta de gas de ciclo combinado de 1.200 MW - es impensable que se pueda mantener. Sin embargo no es previsible que el desarrollo de una central nuclear hoy, vaya a requerir un menor esfuerzo de ingeniería y gestión si se trata de la primera de su clase. Por el contrario, el desarrollo tecnológico va en la línea de realizar más análisis, más cálculos, más simulaciones, etc. El problema sólo tiene solución a través de un amplio reparto, de una gran parte de este esfuerzo, en las centrales de la serie.

El objetivo de la estandarización es la construcción de una amplia serie de centrales nucleares con idéntica ingeniería básica y de detalle, procedimientos constructivos, equipos y componentes. El proceso de estandarización ideal se extendería también a los procedimientos y sistemas de operación y mantenimiento de la

planta. Cada planta de la serie estándar se beneficiaría de la experiencia de la construcción de las anteriores y de la operación y mantenimiento del conjunto.

Cada serie estándar daría origen a series sucesivas que pudieran incorporar las mejores tecnologías que se produzcan y las enseñanzas obtenidas en la construcción y explotación, permitiendo con ello la actualización periódica del diseño estándar y evitando la obsolescencia

tecnológica. Una parte de las mejoras de los nuevos diseños estándar serían también incorporados a las plantas ya en operación.

La implantación de este concepto de planta estándar requerirá, sin duda, una reestructuración de la industria nuclear. Es previsible el cambio de sistema de gestión, volviendo de nuevo a la fórmula "llave en mano", a cargo de empresas o consorcios muy profesionalizados y con una extensa experiencia. Es más, es previsible que los ofertantes "llave en mano" tengan que incluir también servicios de mantenimiento y apoyo a la operación con precios cerrados y con garantías de disponibilidad, todo ello referido a extensos períodos de tiempo. Las empresas eléctricas tendrán una intervención mucho menor en estos proyectos, pero como contrapartida transferirán una parte importante del riesgo que antes asumían a la industria; no sólo en la fase de construcción, sino también en la de explotación.

INGENIERÍA Y ESTANDARIZACIÓN

Como he indicado anteriormente, el volumen de ingeniería asociado a las futuras centrales nucleares lejos de disminuir aumentará, aunque repartido en series. El estado del arte aplicado a estas complejas instalaciones va a requerir dominar más campos tecnológicos y en mayor profundidad. Esto es también cierto en relación con la previsible externalización de servicios a que recurrirán cada vez más las empresas eléctricas, conforme vayan contando con una oferta fiable y económica.

La planta estándar demanda, por su propia naturaleza, una ingeniería y diseño esmerados. Hay que introducir el grado de fiabilidad requerido en el diseño de los sistemas, equipos y componentes. Hay que desarrollar a lo largo del diseño el concepto de disponibilidad de la planta, utilizando el "estado del arte" del conocimiento en esta área. Hay que plantear formalmente desde el principio la óptima mantenibilidad de equipos y componentes. Y, finalmente, hay que dar la mejor respuesta a todos y cada uno de los requisitos de seguridad.

En relación con los criterios que se acaban de señalar, que representan la introducción del concepto RAMS - reliability, availability, maintainability and safety - en el diseño inicial, hay que ir perfeccionando las técnicas de simulación y análisis de sistemas, de análisis probabilista de riesgos, de análisis de ciclo completo de vida, etc. como herramientas de uso común desde la

fase conceptual de la planta. Este proceso puede ir siendo mejorado con la aparición de herramientas de cálculo y simulación más perfeccionadas y también en base a la información que se derive de la operación de las series de plantas estándar.

Adicionalmente, dentro del concepto de estandarización, existe un amplio campo para la ingeniería en todo lo que se refiere a la optimización del proceso constructivo, del cual se pueden derivar importantes beneficios de menor costo, mayor calidad y menor plazo de ejecución.

El concepto de planta estándar reclama por sí mismo la incorporación de sistemas avanzados de información integrada, que permitan gestionar la configuración documental. La introducción de estos sistemas debe iniciarse en las primeras fases de la ingeniería, integrando todos los datos de interés para el diseño estándar, para la parte de diseño específico de cada planta, y para el período de vida útil de la serie y de la planta. Existen ya herramientas capaces de cubrir este objetivo, que sin duda se irán perfeccionando en el futuro.

Como objetivo más ambicioso para las futuras plantas nucleares estándar, existe otro amplio campo de actividad potencial de ingeniería en lo que podríamos denominar Integrated Logistic Support (ILS). Este nuevo concepto, en pleno desarrollo en los sistemas complejos de la Defensa, cubre las áreas del diseño RAMS, análisis del ciclo de vida, gestión del apoyo logístico, documentación y publicaciones técnicas, evaluación de vida remanente, experiencias operacionales, planes de mantenimiento, planes de formación, etc. todo ello concebido con un criterio integrado y uniforme.

Finalmente, existen dos áreas tecnológicas de perfeccionamiento de las futuras centrales nucleares, que tienen un interés especial: la interfase hombre-máquina y el comportamiento de los materiales. En ambos casos el desarrollo de la electrónica permite instalar elementos de supervisión cada vez más amplios y precisos que ofrezcan una información compleja del estado de la planta y su previsible evolución, como ayuda a la operación y mantenimiento de la misma. Las previsiones de vida útil de las centrales nucleares, que se podrían extender a un período de 60 años, hacen que este campo de desarrollo adquiera un interés prioritario.

Existen, pues, como se ve, amplias posibilidades y necesidades de trabajos de ingeniería en relación con el desarrollo e implantación de centrales avanzadas estándar. Es evidente, por tanto, que la estandarización no significa el fin de las amplias necesidades de ingeniería en el campo nuclear.

EL PAPEL DE LAS INGENIERÍAS EN LA PLANTA NUCLEAR ESTÁNDAR

Acabo de exponer las razones por las cuales las próximas generaciones de centrales nucleares estándar van a requerir un volumen y una calidad de servicios de ingeniería superiores a los de las centrales actuales.

La pregunta que uno podría plantearse es si, aún

siendo así, en el nuevo ordenamiento industrial del sector habrá un papel para las Ingenierías. Mi opinión personal es que sí lo habrá, aunque sólo para aquellas empresas que sepan posicionarse adecuadamente. Creo que la flexibilidad operativa, su no identificación con productos tecnológicos específicos, la posibilidad de aprovechar sinergias entre distintos campos de actividad, etc. les permitirán aportar ventajas complementarias de interés. En apoyo de la viabilidad de este tipo de colaboración en el campo nuclear futuro, quisiera aportar tres ejemplos:

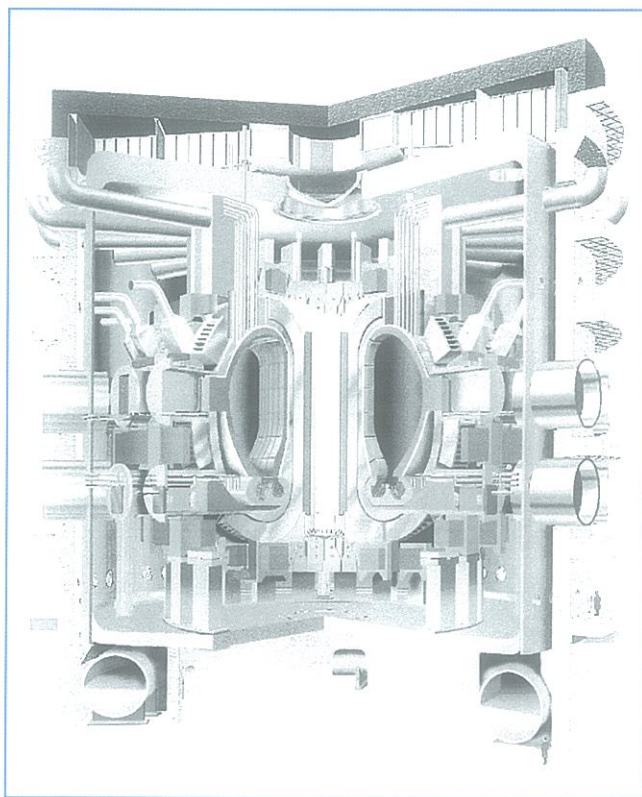
EL PROGRAMA DE REACTORES AVANZADOS: La industria eléctrica americana, a través de EPRI, el DOE y la industria nuclear de aquel país pusieron en marcha a finales de los años 80 un programa de desarrollo de la nueva generación de reactores nucleares, tanto de carácter evolutivo como pasivo, ampliamente abierto a la colaboración internacional. En 1992 las empresas eléctricas españolas decidieron participar en el programa americano, mediante un acuerdo con EPRI. Al mismo tiempo nuestro Ministerio de Industria promovió la participación de la industria española en los programas liderados por GE y por W. Consecuencia de lo anterior ha sido la participación relevante de INITEC y Empresarios Agrupados, como ingeniería, a través de un "joint venture", en el desarrollo del SBWR y el ABWR de GE, y también del AP-600 de W. Adicionalmente EA participa con financiación propia en el desarrollo del nuevo reactor pasivo ESBWR de GE, adaptado al mercado europeo. El éxito de esta colaboración ha dado como resultado ya la participación del "joint venture" en el ABWR que GE suministra para la central de Lungmen (Taiwan).

PROGRAMAS TACIS Y PHARE PARA EL ESTE DE EUROPA: Como es bien sabido la UE tiene en marcha un ambicioso programa de ayuda a la mejora de la seguridad de las centrales nucleares de los países del Este de Europa. Empresarios Agrupados viene participando en el programa desde su inicio y hasta el momento ha contratado más de 40 proyectos. Una parte de los trabajos los desarrolla EA a través de ENAC, Agrupación Europea de Interés Económico, en la que tiene una participación del 14%. Entre los otros miembros de ENAC se encuentran, SIEMENS, FRAMATOME, ANSALDO, NNC y EDF. Muchos de los trabajos se vienen desarrollando conjuntamente entre los socios, y es, sin du-

da, un ejemplo de colaboración fructífera entre grandes empresas industriales del sector nuclear, ingenierías y empresas eléctricas.

PROYECTO ITER DE FUSIÓN NUCLEAR: Se trata de un proyecto en amplia colaboración internacional - Europa, EE.UU., Japón y Rusia - que tiene como objetivo demostrar la viabilidad de la fusión nuclear por confinamiento magnético como medio para la generación eléctrica.

Empresarios Agrupados y Sener, a través de IBERTEF, participan con un 9% en EFET, Agrupación Europea de Interés Económico, en la que se encuentran también SIEMENS, FRAMATOME, FIAT, NNC... Al igual que en el caso de ENAC, muchos de los trabajos de ingeniería del ITER, de la parte europea, responsabilidad de



EFET, se desarrollan en colaboración. El reparto de los trabajos se decide de común acuerdo en función de las características y experiencias de los socios. Se trata de un gran proyecto que, de llevarse a cabo, en la siguiente fase tiene asignado un presupuesto de 10.000 millones de dólares. Idéntica experiencia entre socios industriales e ingenierías está teniendo lugar en los EE.UU.

CONCLUSIÓN

Las futuras centrales nucleares tienen que ser más fiables, más seguras y sobre todo más económicas que las actuales. A ello contribuirá un diseño más avanzado, una mayor calidad de los equipos y componentes, un proceso constructivo optimizado y una explotación perfeccionada. Para conseguir estos objetivos se cuenta con los avances tecnológicos en organización