

# AP600, EPP Y PARTICIPACIÓN ESPAÑOLA

M. OYARZÁBAL - M.A. CHIMENO

El programa ALWR está próximo a su final con la Certificación en breve del AP600 por la NRC, y la conclusión del FOAKE del AP600 a finales de año. La Agrupación Eléctrica para el Desarrollo Tecnológico Nuclear (DTN) y empresas de la SEPI están participando muy activamente en el programa ALWR consolidando su posición en el mercado nuclear internacional. El programa europeo EPP, actualmente en la fase 2A, permitirá en un futuro disponer de un diseño basado en la tecnología pasiva de WESTINGHOUSE que cumpla con los requisitos europeos del documento EUR. DTN lidera la participación española en este programa que cuenta con las empresas UTE (Initec-Empresarios Agrupados), TECNATOM, ENSA y ENUSA.

## INTRODUCCIÓN

A mediados de los ochenta, la Industria americana soportada por el DOE (Department of Energy) y también con importante participación internacional emprende el programa ALWR (Advanced Light Water Reactor) que persigue recoger toda la experiencia anterior buscando diseños más simples, más seguros, más económicos, más normalizados, incorporando además características innovadoras. Experiencias pasadas como el accidente en TMI-2, nuevas tecnologías como la utilización de sistemas de control digitales, la aplicación de las técnicas probabilistas en una fase inicial del diseño, la investigación en el uso de sistemas pasivos de seguridad, y un proceso de licenciamiento más predecible que permitan estimar con mayor seguridad los costes y el programa de puesta en operación comercial de una central nuclear, son algunas de las características más importantes recogidas en el programa ALWR.

El documento ALWR URD (Utility Requirement Document) que comprende un conjunto amplio de requisitos de diseño basados en la experiencia y en la innovación, fue aprobado durante la primera mitad de los 90 por la NRC (Nuclear Regulatory Commission). El Programa de Certificación de diseño ALWR se encuentra próximo a su finalización, una vez los dos diseños evolutivos ABWR de GENERAL ELECTRIC y SYSTEM 80+ de ABB-CE ya han sido certificados por la NRC, y el diseño pasivo AP-600 de WESTINGHOUSE está próximo a alcanzar la aprobación final

en el último cuatrimestre de este año 1998.

Durante el proceso de Certificación la NRC ha efectuado las revisiones de seguridad más exhaustivas hasta la fecha a un nuevo diseño de Central Nuclear. Así, algunas de las cuestiones que más en detalle han sido revisadas por la NRC son:

- Prevención y mitigación de accidentes severos
- Ingeniería de factores humanos
- Interfase hombre-máquina de diseño de sala de control e instrumentación digital y sistemas de control
- Resolución de todas las cuestiones genéricas de seguridad conocidas en diseños LWR.
- Pruebas de Sistemas de Seguridad innovadores junto con la definición de los requisitos reguladores adecuados para sistemas relacionados con la seguridad (sólo para el AP600).

El programa ALWR FOAKE (First-of-a-kind-Engineering) ha permitido ampliar los diseños ABWR y AP600, realizados durante el proceso de Certificación, a un nivel de detalle suficiente como para conseguir la estandarización comercial, y por tanto desarrollar una Estimación de Costes y del Programa de Construcción más realistas al objeto de poder conocer con mayor veracidad la magnitud de la inversión a realizar para explotar comercialmente uno de estos diseños ALWR ya certificados.

El sector industrial español a través de la Agrupación Eléctrica para el Desarrollo Tecnológico Nuclear (DTN) y empresas de la Sociedad Estatal de Participaciones Industriales (SEPI) están participando muy activamente en el programa ALWR

consolidando su posición en el mercado nuclear internacional. La UTE (Initec-Empresarios Agrupados) ha venido desarrollando actividades en el área de Ingeniería, TECNATOM en MMI e Inspección en Servicio, ENSA en diseño de Vasija y Equipos Principales, ENUSA en diseños de Combustible, y CIEMAT en preparación de Análisis y Ensayos.

## PROGRAMA AP600

El AP600 es un diseño ALWR pasivo de 2 lazos y 600 MWe que utiliza tecnología probada y mejora significativamente la fiabilidad y la sencillez de operación en relación a las centrales PWR existentes. Las principales características son:

- Sistemas de seguridad pasivos
- Simplificación de los procesos de diseño, fabricación, montaje y funcionamiento
- Métodos de Construcción modular
- Incremento del margen de operación y de la fiabilidad
- Tecnología avanzada de Instrumentación y Control

Los sistemas de seguridad pasivos están diseñados de tal manera que no requieren acción del operador durante 72 horas para mitigar los accidentes base de diseño, e incorporan principios de seguridad pasiva tales como la gravedad, circulación natural y convección por lo que no se requieren sistemas de seguridad de apoyo. Estos sistemas son:

1. El sistema pasivo de refrigeración del núcleo, que protege al RCS de fugas y roturas de distintos tamaños y que está provisto de las siguientes funciones de seguridad: extracción de

calor residual, inyección de seguridad y despresurización. Está totalmente incluido en el recinto del reactor y no requiere circulación de refrigerante del reactor fuera de la contención.

2. El sistema pasivo de refrigeración de la contención constituye el último sumidero de calor relacionado con la seguridad. La extracción de calor de la contención que es metálica, se realiza mediante circulación natural continua de aire, y evacuación de calor a la atmósfera. Durante un accidente, la refrigeración por aire es suplementada por evaporación de una fina película de agua en contacto con la contención metálica que procede de un tanque ubicado en la parte superior del edificio de contención.

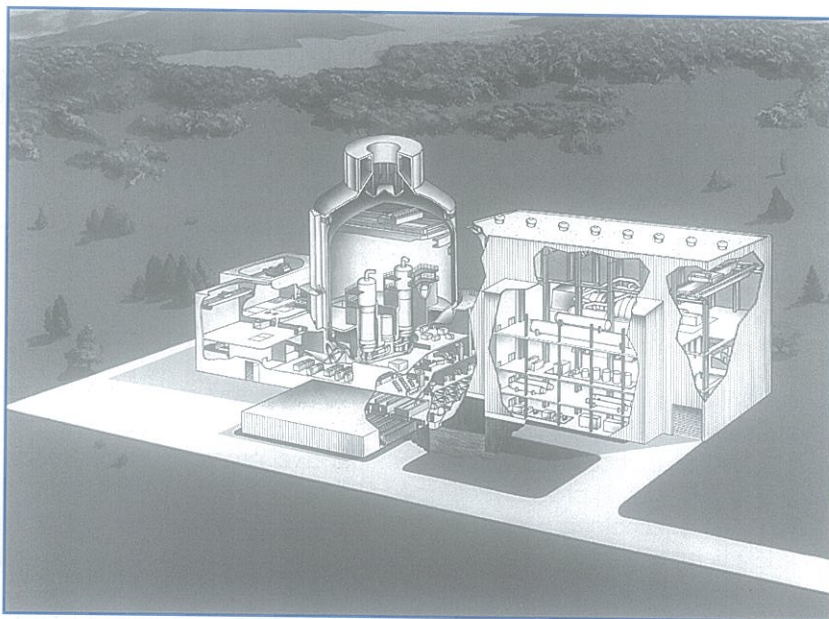
3. El sistema de habitabilidad de la sala de control, que aporta aire fresco, refrigeración, y presurización a la sala de control mediante el uso de aire comprimido.

4. El Aislamiento de la contención, donde el número de penetraciones se ha reducido sensiblemente, y sin que se precisen penetraciones para soportar funciones de mitigación post-accidente.

El programa de Certificación está próximo a su conclusión una vez la NRC ha dado su conformidad al Informe de Seguridad el pasado mes de mayo. La FDA (Final Design Approval) se espera que se produzca en septiembre. El programa FOAKE tiene su finalización prevista para finales de este año 1998.

WESTINGHOUSE está intensificando sus esfuerzos comerciales en diferentes países siendo en la actualidad China y Hungría (PAKS) los mercados donde mayor énfasis se está poniendo dado el interés demostrado por el diseño AP-600.

El Programa de Centrales Nucleares Pasivas, gestionado por DTN, ha liderado una parte importante de la participación española en el programa AP600. Las aproximadamente 300.000 horas hombre realizadas en actividades del AP600 dan idea del orden de magnitud de esta participación. El alcance de los trabajos desarrollados es muy amplio, baste indicar algunas de las actividades realizadas: diseño de sistemas, especificaciones de equipos, diseño de soportes de equipos



principales, planos de disposición de equipos y tuberías, diseño de displays funcionales, elaboración de Procedimientos de Emergencia, diseños de vasisa y presionador...

#### PROGRAMA EPP FASE 1

Representantes de varios países europeos y WESTINGHOUSE junto con el consorcio GENESI (ANSALDO y Fiat) iniciaron en el año 1994 el programa EPP (European Passive Plant) con el objetivo de evaluar y adaptar la tecnología de centrales pasivas desarrollada por WESTINGHOUSE para su posible aplicación en el mercado europeo. Las organizaciones europeas participantes son: DTN por España, EDF por Francia, ENEL Ltd. por Italia, IVO Power Engineering Ltd. por Finlandia, Scottish Nuclear Ltd. por el Reino Unido (sólo durante la fase 1), Tractebel Energy Engineering por Bélgica, UAK representada por NOK-BEZNAU por Suiza, y Vattenfall AB por Suecia.

La fase 1 arrancó en 1994 y concluyó en junio de 1996. Inicialmente se preparó una evaluación del impacto de los requisitos incluidos en el documento EUR (European Utility Requirements) en el diseño de la Isla Nuclear de los diseños pasivos de WESTINGHOUSE, para a continuación definirse un diseño de referencia de central pasiva de 1.000 MWe (EP1000) de 3 lazos y consistente con el EUR que se espera pueda ser licenciable en Europa. La planta de referencia EP1000 resultado de la fase 1 está basada en el diseño SPWR (Simplified Pressurized Water Reactor) de 1000 MWe y 3 lazos y en el diseño AP600, además de incluir ciertos cambios requeridos por el EUR.

En relación a las centrales en operación el diseño de referencia pasivo

EP1000 incluye importantes mejoras tales como un sistema de refrigerante del reactor que recoge la experiencia de WESTINGHOUSE en el diseño de centrales PWR como son un núcleo de baja densidad de potencia, con un número de elementos de combustible ampliado de 157 a 193, utilizando elementos de combustible de 17 x 17 y 3,65 m. de longitud activa, con un menor enriquecimiento y posibilidad de ciclos de combustible mayores; incorpora un reflector

radial neutrónico de acero inoxidable que reduce las fugas neutrónicas y permite rebajar el coste del ciclo de combustible y aumentar la vida de la vasija del reactor. Otra característica es la utilización de barras grises que permite realizar operaciones de seguimiento de carga diariamente sin efectuar cambios en la concentración de boro soluble con un ahorro sustancial en el tratamiento de agua para variar la concentración de boro soluble. Las bombas de refrigerante del reactor son bombas motorizadas encapsuladas y herméticamente cerradas, acopladas en posición invertida a los Generadores de Vapor y montadas de manera que la tobera de succión está soldada a la tobera vertical de la caja de aguas del generador, formando una única estructura.

El EP1000 dispone de los mismos sistemas de seguridad pasivos del AP600 y SPWR. En cuanto al "layout" de la planta, el EP1000 consta de 6 edificios construidos sobre losas individuales: la isla nuclear (edificios de contención y auxiliar sobre una losa común), edificio de turbina, edificio anexo, edificio diesel y edificio de desechos.

El resultado de la fase 1 se recoge en dos documentos: "Conceptual Design Study Report" y "Preliminary Safety Case Report", que definen los diseños conceptuales realizados y las conclusiones de la evaluación del diseño y análisis llevados a cabo para soportar el diseño de los sistemas.

Las actividades más relevantes realizadas por las empresas españolas durante la fase 1 fueron las siguientes:

La UTE (Initec-Empresarios Agrupados) realizó un análisis del comportamiento del EP1000 ante el impacto de aeronave que demostró un buen comportamiento de la planta y de los equipos. ENUSA

preparó un estudio conceptual del diseño de un núcleo que utiliza 50% MOX y ciclos de 24 meses, y TECNATOM realizó varios estudios sobre análisis de dosis, penetraciones críticas, detección de fugas en contención, etc.

## PROGRAMA EPP FASE 2A

A partir del diseño EP1000 de referencia y la evaluación de cumplimiento con el EUR realizados en fase 1, se inicia en enero de 1997 la fase 2 con el objetivo de completar el diseño, y efectuar los análisis de seguridad correspondientes con el suficiente nivel de detalle como para poder elaborar un Informe de Análisis de Seguridad (SSAR) que pudiera ser revisado por algún Organismo Regulador Europeo.

La fase 2 se dividió en fase 2A o etapa de definición del diseño de estructuras y sistemas principales, y la fase 2B o etapa de verificación del diseño y preparación del SSAR. En la actualidad el programa avanza en su fase 2A que tiene prevista su finalización a finales de este año 1998.

A continuación se indican las actividades relevantes de esta fase 2A:

- Incorporación de EUROCÓDIGOS en el diseño
- Adecuación de la clasificación de seguridad al EUR
- APS nivel 1
- Adaptación, donde proceda, de las revisiones del diseño AP600 en la etapa final de certificación
- Estimación de costes y definición de la secuencia de construcción
- Especificaciones de diseño de sistemas de la isla nuclear
- Esfuerzo significativo en la definición de layout y modelo en 3D de la isla Nuclear
- Simplificación del ADS (Automatic Depressurization System) con eliminación de la 3ª etapa en base a análisis realizados en el SPWR
- Modificación de la configuración de la contención, originalmente tomada del SPWR para el diseño de referencia, de acuerdo con la del AP600 beneficiándose así el diseño de las bases de licenciamiento del AP600 y también de un ahorro en costes.

La participación española ha consistido en tareas de diseño de contención y estudio de costes por parte de la UTE (Initec-Empresarios Agrupados), diseño conceptual de salas de control y sistemas de I y C por TECNATOM, diseño de vasija y presionador por ENSA, y diseño conceptual de un núcleo que utiliza 50% MOX con ciclos de 18 meses por ENUSA.

## EUR VOLUMEN 3 PARA EL EPP

La organización EUR se encuentra en la

actualidad efectuando un análisis muy detallado de cumplimiento con el EUR del diseño EP1000 de WESTINGHOUSE. Los resultados de la evaluación se recogerán en el volumen 3 del EUR para el EPP.

Un análisis de la evaluación realizada hasta la fecha permite concluir que los resultados son satisfactorios con un reducido número de no conformidades que deberán discutirse en el futuro con el comité del EUR dado que muchos requisitos del EUR no son aplicables a reactores pasivos.

Para dar idea de las no conformidades detectadas, a continuación se indican algunas de ellas:

- El EUR requiere que la contención primaria pueda soportar cualquiera de los accidentes severos incluidos en DEC (Design Extension Conditions) sin acción del operador durante las primeras 12 horas siguientes a la iniciación del accidente. El diseño EP1000 no precisa actuación del operador para la refrigeración pasiva de la contención, si bien sí prevé actuación manual del operador para inundar la cavidad del reactor en un accidente de fusión del núcleo.
- El EUR requiere capacidad de recirculación de líquidos altamente contaminados a la contención primaria en situación de accidente. El diseño EP1000 no dispone de tal capacidad ya que el sistema pasivo de evacuación de calor residual y el sistema de control químico y volumen están en contención y por tanto no se requiere efectuar dicha recirculación.
- El EUR pide 2 cargadores por batería (2 hrs de autonomía) mientras el EP1000 dispone de 1 cargador por banco de baterías + 1 batería de reserva. Este es un requisito no aplicable a diseños pasivos donde las baterías tienen una autonomía de 72 hrs.

## PROGRAMA EPP FASE 2B

Actualmente se encuentra en discusión el alcance detallado de la fase 2B que debe suponer la finalización del diseño incorporando modificaciones como consecuencia de la revisión hecha por el EUR, y verificación del diseño para poder elaborar un informe SSAR para envío a organismos reguladores europeos.

Los grandes objetivos a perseguir en esta fase 2B son, pues:

- Revisión integrada del diseño de la planta.
- Cumplimiento con el EUR
- Completar aquellas actividades de diseño que lo requieran
- Análisis de Seguridad
- Evaluación de Costes actualizada
- Preparación del "Safety Case Report" que pueda ser utilizadas en un proceso de licenciamiento

Durante el transcurso de la fase 2B, está previsto que algunas compañías eléctricas participantes, pudieran iniciar gestiones con sus respectivos Organismos Reguladores para que éstos pudiesen realizar una revisión preliminar del diseño, de manera que en una siguiente fase se consiguiese efectuar una revisión de seguridad del diseño pasivo EP1000.



**Mariano OYARZÁBAL**  
Es Director del Programa EPP representando a Westinghouse, empresa donde ha desarrollado su actividad profesional durante los últimos veinticinco años.



**Miguel Angel CHIMENO MARTINEZ**  
es Ingeniero Industrial por la ETSII de MADRID. En 1983 ingresó en INITEC donde participó en el proyecto de la C.N. Vandellós 2 hasta el inicio de la operación comercial. Desde el año 1988 desarrolla su labor profesional en UITESA (IBERINCO). En febrero de 1996 se incorpora en comisión de servicios a DTN en el área de Centrales Avanzadas. Estuvo como ingeniero residente en EPRI (USA) en el programa ALWR, siendo en la actualidad el representante por DTN en el Comité Técnico del programa EPP.