

NOTA TECNICA SOBRE EXTENSION DE VIDA EN CENTRALES NUCLEARES

COMISION TECNICA DE LA SNE

Los países de nuestra área económica se enfrentarán a finales de siglo con una escasez energética que se intenta paliar desde ahora con medidas de ahorro y conservación que resultan a todas luces insuficientes para erradicar el problema. Por otra parte, el coste creciente de las inversiones en nueva generación eléctrica, así como la previsible limitación en el número de emplazamientos disponibles, hacen que la extensión de la vida útil de operación de las centrales existentes, sean éstas nucleares o convencionales, se esté convirtiendo en una de las opciones con más probabilidades de éxito en el campo de la planificación estratégica de la energía.

La presente Nota Técnica informa sobre la situación en que se encuentran los planes de extensión de vida que se están desarrollando en diversos países, su metodología y los resultados obtenidos hasta la fecha, e incide en la extrema importancia que dicha alternativa puede tener en el caso de las centrales nucleares españolas, a la vista de la progresiva retirada de servicio a partir del año 2000 de las distintas unidades que conforman nuestro parque nuclear. Si de su lectura hubiera que resaltar una única conclusión, ésta sería que, ante la proximidad real de una fecha tan sólo lejana en apariencia, es necesario comenzar a tomar desde ahora mismo una serie de medidas, tal vez mínimas pero en todo caso imprescindibles para poder preservar para el día de mañana esta opción de la extensión de vida de nuestras instalaciones nucleares.

INTRODUCCION

Se entiende por Extensión de Vida todo un programa de actividades dirigidas a prolongar la operación de estas instalaciones por encima de los plazos establecidos en los permisos de explotación. Dicho esfuerzo tiene sentido siempre que se garantice la seguridad y rentabilidad (rendimiento y disponibilidad) de la planta en su etapa de vida prolongada, así como en la conveniencia económica de esta alternativa frente a la de sustitución por nuevas plantas generadoras.

ANTECEDENTES

Las primeras experiencias de Alargamiento de Vida se iniciaron en el ámbito de las centrales de combustible fósil

(las ocho unidades de la Central de Kingston o las cinco de la de Potomac River, ambas en los Estados Unidos, son claros ejemplos) (1). Hoy puede establecerse la viabilidad técnica y económica de la extensión de vida en estas centrales con una previsión de vida segura y rentable de sesenta a setenta años y una inversión sustancialmente inferior a la de su sustitución por nuevas instalaciones.

Esto permite ser optimista respecto a la aplicación de la extensión de vida en Centrales Nucleares, máxime cuando éstas se ven beneficiadas con respecto a las de combustible fósil por los siguientes factores:

- Parámetros de operación menos estrictos.
- Diseños más conservadores.

- Redundancia en sistemas y equipos.
- Condiciones de operación de planta mejor documentadas.
- Operación más controlada por vigilancia y requisitos reguladores.

Apoyan este planteamiento las experiencias de los reactores británicos de Calder Hall (1), cuatro de los cuales arrancaron en 1959, y de Chapel Cross, cuyas cuatro unidades arrancaron en 1960. Aunque no existe aún posición de las autoridades reguladoras en cuanto al período de ampliación de vida de estas unidades, es previsible que se extienda por los diez años solicitados en el "Safety Case" presentado al efecto, quizá con una revisión de éste a los cinco años.

Hay que reseñar también el programa de mejoras en los cinco reactores de Savannah River (1), que se concluirá en 1990 y cuyo coste se estima en 200 millones de dólares USA. El programa, que pone especial énfasis en las bases de datos de operación y en el desarrollo de un análisis probabilístico de seguridad (PRA), considera la prolongación de la explotación por encima de cuarenta y cinco años desde el arranque (1953-1955).

En 1984 se puso en marcha en Estados Unidos el programa NUPLEX, patrocinado por el DOE, el EPRI y la industria privada, iniciándose en 1985 estudios técnicos sobre dos plantas piloto (Surry 1, PWR, de Virginia Power, y Monticello, BWR, de Northern States Power). En paralelo, el AIF elaboró un estudio de los aspectos reguladores relativos a la extensión de vida publicado en diciembre de 1986. Los primeros resultados se hicieron públicos en un seminario celebrado en agosto de 1986. En mayo de 1987 el EPRI publicó el informe de la Fase 1 de Monticello (2) y en julio de 1987 el de la misma fase correspondiente a Surry 1 (3). El objetivo de dicha Fase 1 fue examinar los componentes principales, estableciendo prioridades entre los componentes críticos e identificando las causas de degradación y su evolución. Se daban, asimismo, primeras recomendaciones sobre acciones preventivas a tomar, datos de operación a registrar y otras medidas de mantenimiento, inspección, pruebas, vigilancia y monitorización. El informe de la Fase 1 de Surry concluye en que es técnicamente viable una extensión de vida de sesenta años, mientras que el de Monticello amplía este plazo a setenta años.

La US Nuclear Regulatory Commission ha iniciado trabajos en este área para hacer frente a la primera solicitud de renovación del permiso de operación en Estados Unidos que previsiblemente se producirá hacia 1993. Para ello ha creado el *Technical Integration Review Group for Aging and Life Extension* (TIRGALEX) (4). Los Comités de

Códigos y Standards americanos trabajan activamente en este área, en particular el grupo especial de trabajo del ASME XI y el subcomité de IEEE. Otros países han iniciado también esfuerzos en este campo.

Tal es el caso de la República Federal de Alemania, en la que el GRS tiene en marcha un programa de recopilación de datos y de tendencias de procesos de degradación en equipos tales como generadores Diesel de emergencia, cables, motores eléctricos o válvulas, así como de elaboración de recomendaciones de inspección y mantenimiento predictivo.

Francia tiene en marcha un programa de recualificación de equipos en función de su envejecimiento que está fundamentalmente dirigido por EDF, y otro de monitorización de transitorios en el primario.

Italia tiene en curso un programa de investigación sobre envejecimiento de equipo eléctrico y de instrumentación y control que incluirá pruebas del equipo procedente del reactor de Garigliano, una vez se desmantele éste.

Por último, Japón inició en 1985 un estudio definitorio de los equipos y estructuras críticas para reactores PWR y BWR que se completará en 1992 con el desarrollo de criterios de diagnosis, bases de datos, sistemas de monitorización y análisis y tecnologías para sustitución de grandes equipos.

ARGUMENTOS SOBRE LA EXTENSION DE VIDA DE CENTRALES NUCLEARES

Las ventajas más significativas de la opción de la extensión de vida frente a la de sustitución por nuevas instalaciones, nucleares o no, pueden resumirse como sigue:

- Menores costes de esta alternativa. A título de ejemplo, y basados en datos aplicables a una central del tipo BWR (2), los costes asociados con una vida total de operación de setenta años se estiman en 325 \$/kWe, de los cuales 125 \$/kWe corresponden ya a los costes necesarios para alcanzar los cuarenta años previstos. La ventaja es patente si consideramos que la inversión en nuevas instalaciones oscila entre los 900 y 1.500 \$/kWe.
- Mejora en la disponibilidad una vez puesto en marcha el plan de extensión de vida. Como dato más elaborado podemos citar el estudio de coste/beneficio realizado para Monticello (2) que estima como posible un incremento del 5 % en la disponibilidad. Este incremento se obtendría a los cinco años de iniciar el Plan y se mantendría durante el período de vida extendida.
- Elimina las dificultades que pudieran

surgir en la selección de nuevos emplazamientos, aun en el caso de estar destinados a centrales convencionales.

- Permite tomar decisiones a pesar de las incertidumbres existentes sobre el crecimiento de la demanda.

Adicionalmente, añade un factor de flexibilidad a las alternativas disponibles para satisfacer la demanda futura, de manera que el establecimiento de una estrategia, tanto para cada central como para todo el parque nacional, no puede hacerse de espaldas a estas consideraciones.

Pensemos que en España (ver Fig. 1) la actual potencia acumulada de instalaciones nucleares (aproximadamente 8.000 MW contando con las centrales de Trillo I y Vandellós II), que representó aproximadamente el 30 % de la producción de 1986, se verá reducida en el año 2005 a aproximadamente 6.700 MW y en el año 2015 a tan sólo 2000 MW, esto es, a la cuarta parte de la inicial. La estrategia de la extensión de vida afectaría pues a 6.000 MW nucleares, lo que pone de manifiesto la trascendencia de la misma.

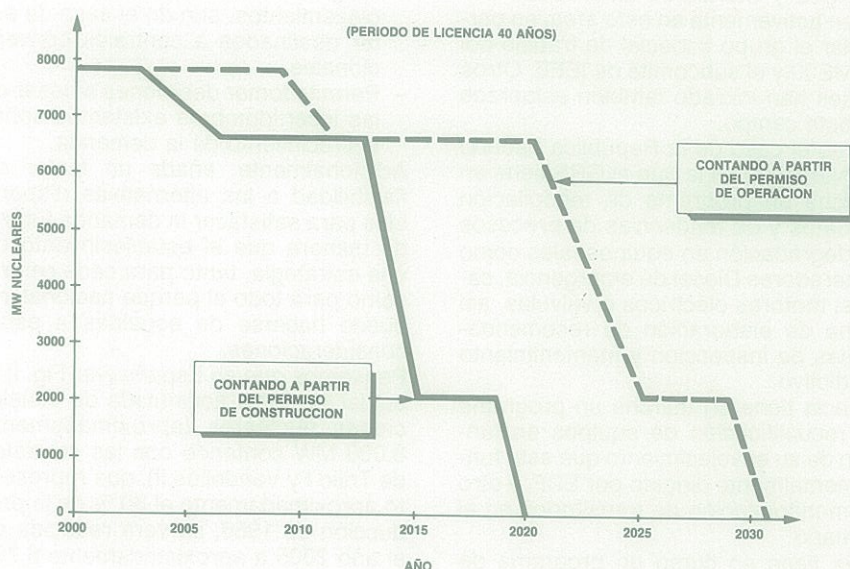
Al margen de este planteamiento global, la aplicación caso a caso a centrales específicas debe hacerse con las siguientes consideraciones previas:

- Viabilidad técnica y económica del Plan de Extensión de Vida de la instalación.
- Garantía de una operación futura segura, fiable y económica.
- Valoración de los aspectos de Licencia.

Con relación a este último punto es de interés mencionar a nivel nacional que en el vigente "Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas" no se establece el período de validez del "permiso de explotación definitivo". El anteproyecto de Reglamento publicado por el CSN para comentarios en junio de 1985 menciona en su artículo 56 del Capítulo 5, Título Segundo, que "el plazo de validez del Acta de Puesta en Marcha no será superior a las expectativas de vida útil de la instalación" y establece en el Artículo 58 del mismo capítulo que con intervalos no superiores a diez años el explotador queda obligado a revisar el estado general de la seguridad nuclear y protección radiológica de la Central. Puede entenderse así que el período de validez del permiso no tiene más condicionantes que los derivados de la historia de operación de planta y de la vida útil remanente de la misma.

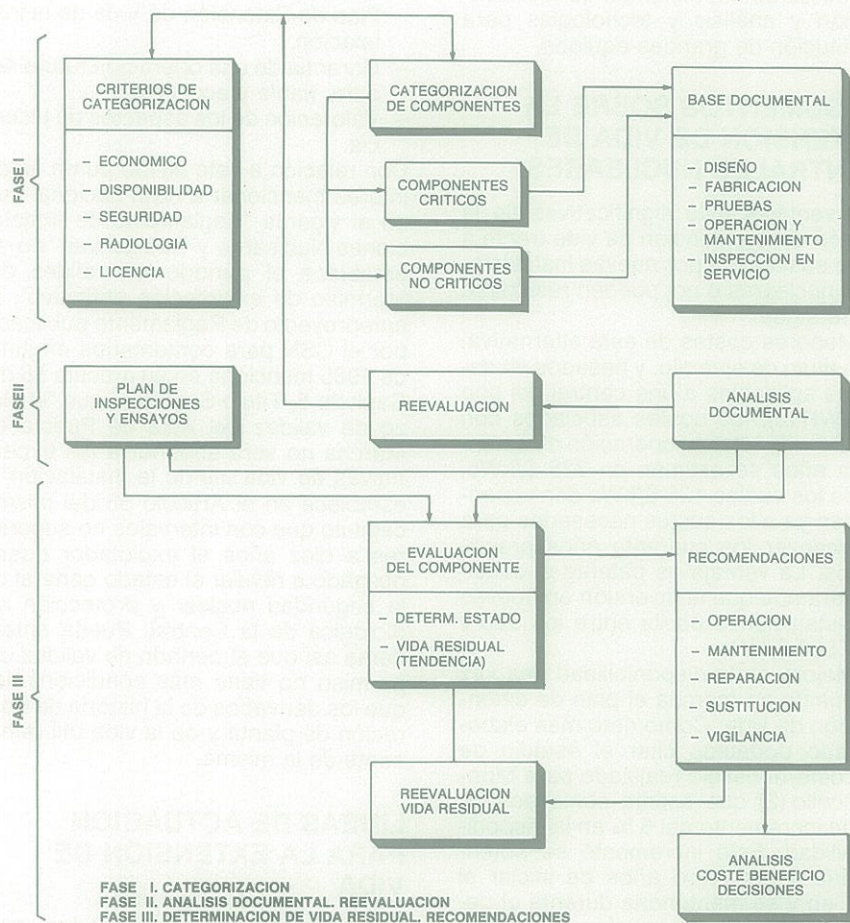
LINEAS DE ACTUACION PARA LA EXTENSION DE VIDA

Las líneas de actuación pueden resumirse en estas tres:



F I Retirada de servicio de las C. N. españolas.

F II Actividades a realizar para la extensión de vida.



- Contar la vida de licencia a partir de la fecha del permiso de explotación y no, como solía considerar la NRC, a partir de la del permiso de construcción.
- Recuperar a efectos de vida remanente los tiempos durante los que la Central esté fuera de servicio.
- Extender la vida de operación de la central y licenciar dicha ampliación.

El primero de estos planes de actualización tiene ya precedentes válidos. Es el caso de plantas nuevas como la del LaSalle Commonwealth Edison, que recibió en 1982, fecha del comienzo de su operación comercial, un permiso de explotación para cuarenta años. Asimismo, la Baltimore Gas & Electricity Company solicitó y obtuvo, a partir de la puesta en marcha, un permiso de cuarenta años de explotación para su planta de Calvert Cliffs. Hay en curso otras solicitudes en los EE. UU. (1). Los beneficios derivados de la aplicación de dicha estrategia a las centrales nucleares españolas quedan patentes en la segunda gráfica representada en la Fig. I.

El tiempo durante el que la Central se encuentra fuera de servicio se estima en ocho años sobre un total de cuarenta de operación. Debido a que muchos de los factores de envejecimiento están asociados con la operación en carga, parece razonable dar crédito parcial caso a caso a este tiempo siempre que se hayan establecido unos procedimientos adecuados de conservación (*lay-up*) durante las paradas.

A su vez, la extensión de vida efectiva de la instalación puede presentar varias estrategias que se describen a continuación:

- La reparación o sustitución de componentes hasta agotar la duración de diseño de aquellos que marcan el plazo de vida de la Central (por ejemplo, la vasija de reactor). No se trata pues aquí de una extensión de vida propiamente dicha, sino de llegar en las debidas condiciones de seguridad, rendimiento y economía al final de la vida prevista, objetivo nada desdeñable en cualquier caso.
- Prolongar la vida de diseño de aquellos sistemas, componentes o estructuras que determinan la vida útil de la Central. Ello se consigue mediante una reevaluación de dicha vida de diseño en base a las condiciones reales de operación, la vigilancia de cualquier variación en dichas condiciones y, en último extremo, la revisión de los procedimientos que las regulan.
- Reemplazando o reparando cuando sea posible (técnica y económicamente) los componentes que limitan la vida de la Central.

En cuanto a las actividades principales

a realizar, se han incluido en la Fig. II. Comienzan éstas con la categorización de componentes, sistemas y estructuras críticos, es decir, de aquellos cuya sustitución, modificación o reparación tiene un impacto importante en la explotación. Los criterios a considerar para establecer dicha categorización son los de seguridad, licencia, criterios económicos, de disponibilidad de Planta, radiológicos, etc. Todos los análisis efectuados hasta la fecha coinciden en la siguiente relación mínima de componentes o estructuras potencialmente críticas:

- Vasija del reactor, incluyendo internos y alojamientos de barras de control.
- Contención y estructuras incluidas en su interior.
- Tuberías y bombas del primario y tuberías de vapor principal, agua de alimentación y ECCS dentro de contención.
- Presionador.
- Generadores de vapor.
- Soportes de la Vasija.
- Generadores Diesel de Emergencia.
- Sala de Control.
- Pedestal del turbogruppo.

Una vez conocida la relación de componentes potencialmente críticos, la primera herramienta de trabajo es disponer de una base documental adecuada de los mismos que contenga toda la documentación necesaria de diseño, fabricación, pruebas, inspección en servicio y mantenimiento, así como los registros de operación. Por tanto, una de las primeras medidas a adoptar para mantener abierta la capacidad de analizar las posibilidades de extensión de vida será la de reforzar este área documental y de archivo de registros. El análisis de la información anterior permite contrastar el diseño original con las solicitudes reales de operación. Teniendo en cuenta que los análisis de fatiga realizados durante la fase de diseño (cuando existen) tenían como objetivo el cumplimiento con los códigos pero no la optimización frente al propio efecto de fatiga, pueden encontrarse en ciertos casos márgenes de conservadurismo sustanciales. Lo mismo puede decirse de otros fenómenos de degradación como el de corrosión/erosión (incluyendo la corrosión bajo tensión que afecta principalmente a los aceros austeníticos sensibilizados durante la fabricación), el de envejecimiento por irradiación, que se traduce en fragilización y acelera el proceso de corrosión bajo tensión (es el caso del flujo neutrónico sobre la vasija del reactor y los internos), la fragilización térmica, el desgaste, el envejecimiento de estructuras de hormigón, el envejecimiento ambiental de cables, instrumentos y aparellaje eléctrico, las vibraciones, etc. Será, asimismo, una

labor urgente la de definir y establecer programas de seguimiento de estos factores de envejecimiento, así como proceder con carácter prioritario a la mitigación de aquellos que se anticipen como los más severos.

Del análisis de la documentación de diseño, fabricación, pruebas y explotación pueden obtenerse datos muy valiosos para conocer si los años de operación de la central han afectado a los márgenes de diseño por encima o por debajo de lo previsto y determinar, en primera aproximación, la vida remanente de los componentes y estructuras, así como los puntos de la instalación que deben ser objeto de un plan de vigilancia permanente.

Para completar el estudio de extensión de vida dos nuevas herramientas complementan lo anterior. Una está constituida por las Bases de Datos de la Industria sobre fallos en componentes, tales como la NPRD del INPO, la OPEC-2 o las propias de los Suministradores Principales, como la COMPASS de GE o la WRDB de Westinghouse, que permiten completar junto con los informes de Inspección en Servicio y Mantenimiento el cuadro de riesgos de la instalación. La otra son los resultados del Plan de Inspecciones de componentes críticos. Este plan debe ser selectivo y su objeto es contribuir al conocimiento de la condición en que se encuentran, confirmar los resultados de los análisis teóricos e incrementar la fiabilidad de las predicciones de vida residual.

El Plan de Extensión de Vida se completa con la determinación de valores de Vida Residual que tomen en consideración las variables mencionadas y la posibilidad de jugar con ellas mediante la optimización de los procedimientos de operación y mantenimiento. En todo caso, el Plan presenta las incertidumbres lógicas de todo proceso predictivo, por lo que debe ser tutelado por medio de un Plan de Vigilancia permanente que se traduzca en un incremento de las inspecciones en servicio exigidas por los códigos (por ejemplo, por el ASME XI), un seguimiento de todos los factores de degradación detectados y una monitorización adicional de determinados parámetros. Algunos ejemplos de estas inspecciones extraídos de los programas en curso son:

- Instalación de registradores portátiles de flujo neutrónico en el pozo seco de los reactores BWR.
- Programa de recogida y análisis de vibraciones en Generadores Diésel.
- Medida de vibraciones y efectos dinámicos en tubería del primario.
- Monitorización adicional de la temperatura en tuberías para definir más adecuadamente los transitorios experimentados.

- Medición del flujo neutrónico integrado durante un ciclo de combustible junto a las cápsulas de vigilancia de materiales dentro de la Vasija del Reactor.

CONCLUSIONES

Los antecedentes en centrales de combustibles fósiles y en los programas nucleares en curso confirman que la extensión de vida es técnicamente viable y constituye una opción prudente desde el punto de vista económico.

A ello se añaden los beneficios que con carácter más inmediato se obtienen de un Plan de Extensión de Vida como son las mejoras de la disponibilidad, rendimiento y seguridad de la instalación.

Debe mencionarse, por último, que un Plan de este tipo no se cierra con una primera evaluación de la Central, sino que requiere un seguimiento permanente. Dicho seguimiento descansa sobre las bases de una inspección continua de la condición de la instalación, accesibilidad a los programas de I + D que permitan juicios más ponderados, monitorización, registro y archivos adecuados a esta función y evolución de normativa y regulación aplicable.

Como primer paso dentro de una estrategia de mínimos y con objeto de mantener abierta la posibilidad futura de ejecución de un plan de esta naturaleza, se hace necesario reforzar el área documental y de registros de operación, inspección en servicio y mantenimiento, de todos aquellos equipos componentes o estructuras que se perfilen como críticos tras un primer contraste con los planes tipo en curso.

Para conseguir este objetivo son muy valiosos registros tales como los de transitorios del primario o de tuberías de Clase 1 en los puntos de mayor fatiga y los de los eventos de planta asociados así como los de vigilancia de condiciones ambientales, química de fluidos, vibraciones en máquinas críticas, etc., que constituyen herramientas de trabajo imprescindibles desde ahora para poder realizar en el futuro un análisis cualificado de la vida consumida.

REFERENCIAS

- (1) EPRI NP-4208. "The Longevity of Nuclear Power Systems", agosto 1985.
- (2) EPRI NP-5181 SP. "BWR Pilot Plant Life Extension Study at the Monticello Plant: Phase 1", mayo 1987.
- (3) EPRI NP-5289 SP. "PWR Pilot Plant Life Extension Study at the Surry 1 Plant", julio 1987.
- (4) TIRGALEX "Plan for Integration of Aging and Life Extension Activities", mayo 1987.
- (5) EPRI NP-5002. "LWR Plant Life Extension", enero 1987.