

J. BROS - J. GARCÍA - I. MACH

ELABORACIÓN DE PROGRAMAS DE INSPECCIÓN Y PRUEBAS EN BASE A LOS ANÁLISIS DE RIESGOS

Se describen la tendencia actual y grado de avance de la implantación de los programas de inspección y pruebas de componentes y sistemas de centrales nucleares a partir de la consideración de los análisis de riesgos como base fundamental para la elaboración de los mismos.

La ejecución de inspecciones y pruebas en servicio pretende asegurar que se mantiene la integridad estructural y operabilidad de aquellos sistemas y componentes cuyo fallo o funcionamiento defectuoso podría impactar en la seguridad de la central nuclear y/o en la disponibilidad de la misma.

Con esta filosofía ASME publicó en 1968 el primer borrador del Código aplicable a la inspección en servicio. En 1970 la NRC requirió, en Estados Unidos, el uso de la primera edición de la Sección XI del Código ASME para la realización de las inspecciones en servicio. Con el paso del tiempo y el descubrimiento de nuevas localizaciones y mecanismos de fallo, y de nuevos métodos de inspección, las bases en las que se fundamentaba el Código ASME y por tanto los requisitos en él contemplados, han ido siendo objeto de revisión / actualización.

Ahora mismo, es un hecho suficientemente contrastado que la acumulación de resultados de las inspecciones en servicio y la ausencia de accidentes severos por rotura de la vasija o tuberías confirman la baja contribución de los fallos de integridad estructural en la consideración de riesgo general de la planta. La contribución mayoritaria corresponde a los fallos funcionales. Adicionalmente los fallos reportados hasta la fecha han tenido lugar, mayoritariamente, en localizaciones no requeridas a inspección mientras que las áreas en las que se han localizado defectos, por estar estas sí requeridas a inspección, suponen un porcentaje ínfimo del total de las áreas programadas.

Lo anterior, pues, sugiere la revisión / optimiza-

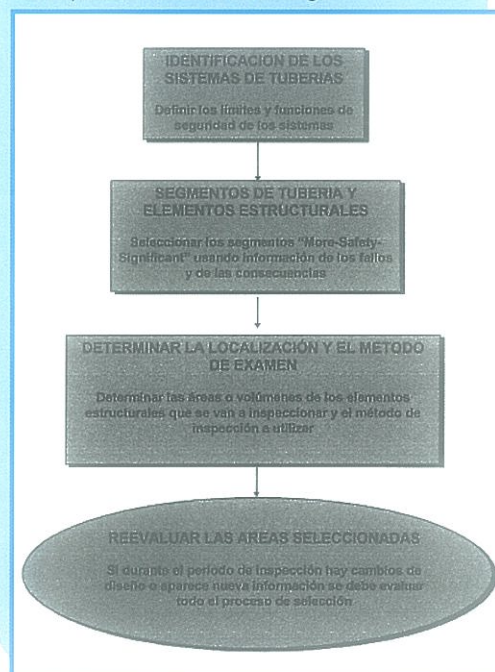
ción de los requisitos / programas de inspección y así implantar programas de inspección y pruebas más eficaces, que aseguren que se mantienen, o incluso aumentan, la seguridad y disponibilidad de las centrales al mismo tiempo que se optimizan / racionalizan los costes de explotación. Estos programas de inspección se definen

en base al riesgo asociado a la rotura o fallo de los elementos estructurales (inspección) o inoperabilidad o deterioro de los componentes (pruebas) bajo consideración.

Actualmente existen dos líneas de actuación, una en ASME XI, aplicable a inspección y otra en ASME-OM, aplicable a pruebas.

El objetivo del presente artículo es presentar la situación actual de la normativa que regula la aplicación de métodos basados en los análisis de riesgos para la definición de los programas de inspección y pruebas.

Metodología para la elaboración de programas de inspección basados en el riesgo



PROGRAMAS DE INSPECCION BASADOS EN LOS ANALISIS DE RIESGOS

En la Sección XI de ASME se inició, en 1988, el desarrollo de una nueva metodología de programación de inspecciones basada en el riesgo. El resultado del trabajo realizado por los distintos grupos de trabajo creados al efecto arroja, al día de hoy, la edición de una serie de *Code Cases*, ya aprobados o en vías de ser aprobados en breve plazo, que incluyen las directrices para la elaboración de los programas de inspección en base a los análisis de riesgos.

El primero de los grupos de trabajo se propuso evaluar los requisitos de inspección de las soldaduras de tubería clase 1 (categoría B-J). Estos requisitos están vigentes, sin sufrir modificación alguna, desde la *Addenda* de verano de 1978. Desde esta fecha, la industria nuclear ha realizado estas inspecciones (con altos costes y dosis) detectando muy

pocas grietas o defectos. Se propuso la realización de un estudio para determinar si las inspecciones realizadas con los criterios establecidos en la Sección XI eran efectivas. Los resultados de este estudio confirmaban que el número de grietas detectado en las soldaduras de tubería de clase 1 era muy pequeño y que la mayoría de ellas se debían a IGSCC en plantas BWR. No se encontraba relación entre los criterios de selección y las localizaciones donde se habían detectado grietas. Todo esto motivó el desarrollo de un *Code Case* para

definir requisitos alternativos de inspección que reduzcan el número de inspecciones y aseguren que se inspecciona en aquellas soldaduras o zonas de inspección que tienen mayor impacto en la seguridad de la planta. Los criterios usados en el *Code Case* representan una mejora de los criterios actuales de la Sección XI que están basados, principalmente, en tensiones de diseño y en muestras aleatorias, en vez de en condiciones operacionales y consideraciones del riesgo.

Después de varios años de trabajo se ha publicado, en el Suplemento 6 de ASME XI, el *Code Case* N-560, que permite reducir el alcance de inspección en soldaduras de tubería de Clase 1 (Categoría B-J), del 25% actual a un 10%, teniendo en cuenta unos criterios de selección basados en consideraciones del riesgo.

Las áreas de inspección se seleccionan mediante un proceso de *ranking* que identifica los segmentos más importantes desde el punto de vista del riesgo, lo que equivale a considerar su probabilidad de fallo y la consecuencia de este fallo. Las áreas de inspección se seleccionan de esos segmentos que se encuentran en el grupo de alto riesgo.

Para la realización del *ranking* se debe tener en cuenta todos los mecanismos de degradación y la experiencia de la industria.

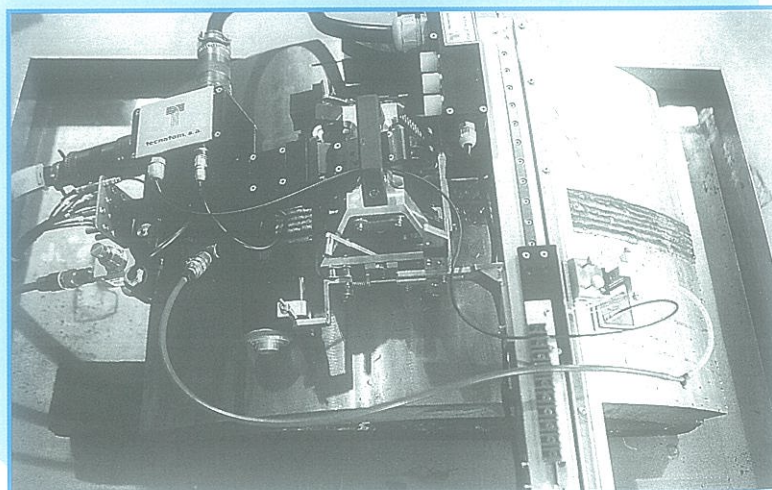
El *ranking* debe realizarse por un *In-Service Inspection Selection Team* cuya constitución establece el *Code Case* aprobado en su Apéndice I. Ese mismo apéndice establece los requisitos para realizar el *ranking* de los segmentos de tubería para seleccionar las áreas. Estos requisitos de selección están basados en la metodología cualitativa desarrollada por EPRI.

Actualmente se está revisando el *Code Case* para añadir un Apéndice II que recoja los criterios de selección basados en la metodología cuantitativa desarrollada por Westinghouse.

En fase final de aprobación por ASME, existen otros dos *Code Cases* aplicables a los sistemas de tubería de clase 1, 2 y 3.

Los dos *Code Cases* son iguales, a excepción del apéndice. En el apéndice se define la metodología de selección. Uno de ellos recoge la metodología cuantitativa y el otro la metodología cualitativa.

Pipe: Equipo para la inspección mecanizada de tuberías



En ambos *Code Cases* existe una tabla con una nueva categoría de examen, la categoría R-A, en la que se identifican las áreas de inspección así como los requisitos, métodos y frecuencias de inspección. Los diferentes ítems de esta tabla se definen en base a los mecanismos de degradación postulados según la metodología establecida en el apéndice de cada *Code Case*.

Actualmente estos *Code Cases* han sido aprobados por el *Main Committee* de ASME.

Adicionalmente a lo anterior se está considerando la posibilidad de aplicar metodologías basadas en el riesgo a la optimización de otras áreas de inspección. Como consecuencia de esta acción se inicia la creación de un apéndice a la Sección XI de ASME, que contemple además de las soldaduras en tubería, los soportes existentes. La filosofía planteada es seleccionar a inspección los soportes soldados situados en los segmentos de alto riesgo.

Este nuevo apéndice incluiría los dos *Code Cases* anteriores, así como criterios de selección para soportes soldados.

Aprobado por ASME, el uso de esta nueva metodología pasa por la aprobación del organismo regulador americano que conoce perfectamente su desarrollo ya que participa en los grupos de ASME donde se desarrollan y aprueban los *Code Cases* anteriores.

Dentro del plan de actuación establecido en la NRC está el desarrollo de una *Regulatory Guide* para la definición de los programas de inspección basados en el riesgo. Para el desarrollo de esta *Regulatory Guide* se ha tenido en cuenta todos los desarrollos existentes en la industria, así como la normativa (*Code Cases*) que se están desarrollando en ASME.

Se espera que esta *Regulatory Guide* se edite, para comentarios, en septiembre de este año y se apruebe en el primer trimestre del próximo año.

PROGRAMAS DE PRUEBAS BASADOS EN LOS ANALISIS DE RIESGOS

La normativa aplicable a los programas de pruebas se define actualmente en ASME-OM (anteriormente subsecciones IWV e IWP de ASME XI). Es por

ello que las directrices para la elaboración de los programas de pruebas basados en el riesgo se están considerando en diferentes grupos de trabajo de ASME-OM.

Al igual que en el caso de la programación de inspecciones basada en el análisis de riesgos la propuesta de las nuevas formas de actuación se recoge en una serie de *Code Cases*.

El primero de ellos y común a todos los componentes que luego se especificarán regula la realización de la clasificación de componentes según su importancia / contribución al riesgo enmarcando, en dos grandes grupos, a todos y cada uno de esos componentes objeto de

análisis: los más importantes para la seguridad (HSSC) y los menos importantes para la seguridad (LSSC).

En el mismo, se establecen requisitos tanto para el uso de los APS (medidas de importancia, análisis de sensibilidad, recuantificación del riesgo, etc.) como para el análisis cualitativo de la clasificación de componentes (panel de expertos, funcionamiento, toma de decisiones, etc.).

El *Code Case* se puede aplicar a todos los componentes en el alcance del programa de pruebas (todos los tipos de válvulas y bombas) o bien a un tipo específico, por ejemplo, sólo a válvulas de retención.

Actualmente está en fase final de aprobación por el *Main Committee* de ASME.

Una vez establecida la clasificación de los distintos componentes atendiendo lo especificado en el *Code Case* anterior debe procederse a establecer las estrategias de prueba más adecuada para cada uno de ellos por lo que debe contarse ya con una singularización según sea el componente. Cuatro *Code Cases* están en una fase avanzada de desarrollo: Válvulas de retención, bombas, válvulas motorizadas y válvulas neumáticas.

De la aplicación de tales *Code Cases* a diferentes plantas piloto puede generalizarse que la clasificación de componentes en HSSC y LSSC arroja unas proporciones del 25% y del 75%, respectivamente, lo que junto con la definición de las adecuadas estrategias de prueba da lugar a que componentes que se están probando cada tres meses podrían probarse cada cinco años sin incidir, con ello, en el nivel de seguridad de la planta.

Hasta aquí lo desarrollado / propuesto por ASME. Desde el punto de vista del organismo regulador americano, participante en los grupos de trabajo donde se han desarrollado los diferentes *Code Cases*, la admisibilidad de estos criterios alternativos de programación de pruebas se contempla en una serie de *Regulatory Guides* y revisiones de diferentes capítulos del *Standard Review Plan*, ahora editados para comentarios y con fecha de aprobación para finales de 1997.

Las *Regulatory Guides* establecen que el desarrollo de los programas de pruebas en servicio basado en el riesgo, debe contemplar los siguientes

cuatro elementos básicos para los que se incluyen guías de actuación:

- Definición de los cambios propuestos al programa de prueba (bases de licenciamiento que se ven afectadas por el cambio, planificación y métodos de prueba resultantes, componentes que se ven afectados por el cambio propuesto, información soporte para el cambio de programa).

- Evaluación de ingeniería (evaluación de los cambios propuestos a las bases de licenciamiento, evaluación del alcance y de los cambios del programa de pruebas, peticiones de alivio y cambio de Especificaciones Técnicas, uso de los APS para la definición de los programas, cálculo de los aumentos del riesgo resultantes del cambio de intervalos de prueba, categorización de componentes, consideración del impacto en sucesos iniciadores, el tratamiento de los fallos por causa común, incertidumbres, fiabilidad humana, datos específicos, evaluación del efecto global del cambio en el riesgo de la planta).

- Definición del programa de implantación, seguimiento del funcionamiento del mismo y realización de la realimentación y definición del programa de acciones correctoras.

- Documentación (cambios en las bases de licenciamiento, cambios en las frecuencias y métodos de prueba, así como el proceso para definirlos, lista de los componentes, incluyendo descripción de los grupos realizados, información soporte, descripción del proceso usado para categorizar los componentes, datos de los APS e información soporte, incluyendo la cuantificación y determinación de las secuencias de accidente, sucesos iniciadores, categorización de los componentes, valoración de los cambios propuestos, análisis de sensibilidad y datos de la planta, programa de seguimiento del funcionamiento, acciones correctoras y realimentación, plan de implantación)

SITUACIÓN EN ESPAÑA

Los programas de inspección en servicio de las centrales nucleares españolas, por requerimiento del Consejo de Seguridad Nuclear, se definen, básicamente, a partir de la Sección XI del Código ASME, de sus *Code Cases*, *Information Notices*, *IE Bulletins*, etc. A medida que va surgiendo nueva normativa de referencia, se realiza el correspondiente estudio para determinar su aplicabilidad en las mismas.

Coincidiendo con la publicación de los primeros trabajos de ASME, Tecnatom creó un grupo de trabajo para estudiar la aplicación de esta metodología en la elaboración de los programas ISI de las centrales españolas para las que ya ejecutaba tal labor. Para ello se integró, como miembro de pleno derecho, en los comités y grupos de trabajo correspondientes de ASME y ASME-OM, así como también estableció acuerdos de transferencia de tecnología / información con diferentes organizaciones.

Resultado del avance experimentado en el desarrollo de metodologías y dadas las perspectivas, a corto plazo, de aprobación por la NRC de las mismas, debe reseñarse el inicio, por algunas

centrales, de trabajos encaminados a desarrollar programas de inspección y pruebas en servicio en base a los análisis de riesgos.

Merece especial significación la constitución de un grupo ad-hoc sobre inspección en servicio que ha sido promocionado por el Grupo Mixto CSN / UNESA sobre Explotación / Seguridad. En él se hallan representadas todas las centrales españolas que, como no, mantienen una estrecha colaboración con el Consejo de Seguridad Nuclear con el fin de hacer que la aplicación de estas nuevas metodologías de programación de inspecciones y pruebas en servicio se pueda realizar de la forma más óptima posible. En el grupo también participa Tecnatom.

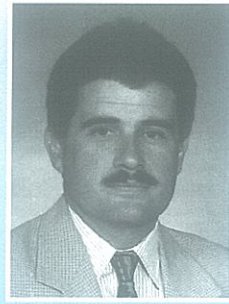
Dadas las implicaciones que podrían tener para los estados miembro, reseñar que también en Europa se han creado varios grupos de trabajo, en el seno de ENIQ (DGXII) y del WGCS (DGXI), que cuentan con la presencia de Tecnatom, para el desarrollo de metodologías basadas en el riesgo para su aplicación a los programas de inspección en servicio.

Por el momento estos grupos de trabajo están en sus primeras fases de constitución y establecimiento de las bases de trabajo. Es previsible que, a medio plazo, los trabajos que se desarrollen complementen los trabajos de ASME que ya ha quedado recogido se hallan, para determinados sistemas y componentes en muy avanzado estado de elaboración por no decir ya finalizados. Quizás corresponda a Europa revisar los programas de inspección de componentes no abordados por ASME como vasija, generadores de vapor, etc.

En el grupo de reguladores europeos, con una muy activa participación del CSN, se ha iniciado el proceso de preparación de una Guía de Buena Práctica que podría evolucionar, posteriormente, hasta un Documento de Consenso para la elaboración de los programas de inspección basados en el riesgo. La participación del CSN pretende que la línea de actuación europea no difiera de la que se considere como más adecuada en España (grupo ad-hoc mencionado anteriormente) y que en principio no parece vaya a diferir, sustancialmente, de la iniciada por ASME y en vías de aprobación por el organismo regulador americano.

CONCLUSIONES

Al igual que allá por 1968 la aparición del primer borrador del Código ASME aplicable a la inspección en servicio de las centrales nucleares iba a suponer un antes y un después en la explotación segura de esas instalaciones, la aprobación por ASME de los primeros *Code Cases* para abordar la elaboración de los programas de inspección y pruebas en servicio en base a los análisis de riesgos supone un nuevo golpe de timón en el que debe ser el fin último de las inspecciones y pruebas en servicio: Garantizar la integridad, operabilidad y eficiencia de los componentes y sistemas de la central de tal forma que se mantengan los actuales niveles de seguridad y disponibilidad con un coste de explotación competitivo y que por muchos años.



Juan BROS es licenciado en Física por la Universidad de Barcelona.

Ingresó en Tecnatom en 1982 ocupando en la actualidad la jefatura de Ingeniería de Inspección. Son cometidos de dicha organización la elaboración de los programas de inspección en servicio y la prestación de asistencia técnica en todo lo relacionado con la normativa y práctica aplicable a la inspección en servicio, así como la realización de análisis de integridad y vigilancia de componentes.



Jesús GARCIA ROCASOLANO es Ingeniero Industrial por la ETSII de Madrid.

Trabaja en Tecnatom desde 1982 en Ingeniería de Inspección siendo actualmente responsable de la preparación de programas de Inspección en Servicio. Es miembro de los Working Group de Válvulas y de categorización de componentes basados en el riesgo y del Subcomité de Válvulas en ASME-OM.



Isabel MACH es Ingeniero Industrial por la ETSII de Madrid.

Trabaja en Tecnatom como responsable de la metodología de Programas de Inspección y Pruebas basados en el riesgo. Es miembro del Working Group de ASME XI encargado de la implantación en el Código de los Programas ISI basados en el riesgo.