



La validación de los sistemas de inspección por Ensayos No Destructivos.

Origen, Evolución y Situación actual

Autor: Gustavo Bollini. Tecnatom, SA.

Resumen:

Los ejercicios prácticos de inspección por ultrasonidos sobre probetas o maquetas con defectos llevados a cabo en los países de la OCDE, tales como el PISC (**P**rogramme for the **I**nspection of **S**teel **C**omponents), fases I (iniciada en 1978), II y III, demostraron que las inspecciones realizadas siguiendo los criterios del Código ASME Sección XI, según las ediciones anteriores a 1986, no alcanzaban suficiente efectividad en los resultados obtenidos. Sin embargo, la aplicación en el ejercicio PISC III de las técnicas ultrasónicas de la Edición 86 de la Sección XI (que fue publicada teniendo en cuenta los resultados de PISC II) aún conducía a fallos en la detección de grietas relevantes y en el dimensionado de defectos. Diferentes Organismos de Normalización, Centrales Nucleares, Empresas de Inspección e Instituciones de I+D, involucradas en los ejercicios, comienzan a considerar la necesidad de la **Demostración de la Capacidad** de las técnicas de inspección, sobre probetas con defectos como las empleadas en el PISC.

Los primeros requisitos de validación de sistemas de inspección en servicio en Centrales Nucleares tienen su origen con la publicación del Apéndice VIII (UT Performance Demonstration) de la Sección XI del Código ASME, en el año 1989. Posteriormente, en el año 1991, los países de la Unión Europea crean el "European Network for Inspection Qualification" (ENIQ), bajo la coordinación del Joint Research Centre (JRC) de Petten, Holanda, que publica en 1995 el documento: "European Methodology for Inspection Qualification" (revisado posteriormente en 1997), donde se armoniza la posición de los países europeos en el tema de validación de sistemas de inspección. Por otro lado, los Organismos Reguladores europeos constituyen un Grupo de Trabajo para armonizar su posición al respecto, y publican en 1995 (luego revisado en 1997) el documento "Common position of European Regulators on qualification of NDT systems for pre-and in-service inspection of light water reactor components". Esta posición de los Organismos Reguladores europeos para la validación está muy próxima a la de ENIQ.

En el año 1997 ante la perspectiva de la regulación, por parte de la Nuclear Regulatory Commission (NRC) de los EE.UU., del mencionado Apéndice VIII de la Sección XI del Código ASME, las centrales nucleares españolas, a través de UNESA (asociación constituida por las principales empresas eléctricas de España), iniciaron un proyecto para definir la metodología española de validación de sistemas de inspección en servicio.

El resultado de los trabajos realizados es el documento "Metodología de Validación de Sistemas de Ensayos No Destructivos empleados en Inspección en Servicio de las CC.NN. Españolas" (Rev. 1 de marzo de 1.999 y Rev. 2 de abril de 2.003), que ha sido apreciada favorablemente por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y es de obligado cumplimiento desde marzo de 2004.

La metodología de validación diseñada tiene en cuenta los principios definidos por ENIQ, y también que la inspección en servicio de las CC.NN. españolas está regulada según la Sección XI del Código

ASME. La aplicación de la metodología de validación está desarrollada en un conjunto de siete Documentos Técnicos, anexos al citado anteriormente.

Conferencia Panamericana de END

Octubre 2007

“ La validación de los sistemas de inspección por Ensayos No Destructivos.

Origen, Evolución y Situación actual “

Autor: Gustavo Bollini. Tecnatom, SA.

1.- Antecedentes

Desde finales de los años 70, cuando los principales programas nucleares se lanzan en Europa y los EE.UU de América, surge la iniciativa de determinar el grado de confianza de las técnicas de ensayos no destructivos (END) que se aplican en la inspección en servicio (ISI) de los componentes más críticos de las centrales nucleares. El Reino Unido y posteriormente, la Comisión Europea preparan un programa, asumido luego por los países de la OCDE, de demostraciones prácticas de técnicas de ultrasonidos sobre maquetas de la vasija del reactor nuclear con defectos representativos de los que podrían originarse en la operación en servicio. Se genera el proyecto "Programme for the Inspection of Steel Components" (PISC) cuyo objetivo es que las principales empresas de ISI y laboratorios de I+D examinen las maquetas con defectos. Este proyecto es coordinado por el Joint Research Centre (JRC) de la Comisión Europea. Nuevas fases posteriores del PISC (II y III), incluyen también áreas de la vasija como las toberas de la vasija y las soldaduras bimetálicas al circuito primario, las tuberías de acero inoxidable, los tubos de generadores de vapor, etc. El PISC III finaliza en el año 1992.

Los resultados de la primera y segunda fase del PISC muestran que la aplicación de técnicas de inspección según se especifican en las ediciones anteriores a las de 1986 del Código ASME, tienen importantes limitaciones técnicas en la detección de defectos y en su dimensionamiento. Como consecuencia, en los EE.UU. se emite la Edición 86 de la Sección IX y también Guías Reguladoras de la Nuclear Regulatory Commission (NRC), donde se proponen modificaciones de las técnicas de inspección. Sin embargo, los resultados obtenidos en el PISC III muestran que la aplicación de las técnicas de la Edición 86 también conduce a algunos fallos en la detección y el dimensionamiento de grietas relevantes. Las Organizaciones de Normalización, las Centrales Nucleares, los Organismos Reguladores, las Empresas de Inspección y Laboratorios de I+D comienzan a considerar entonces la necesidad de regular una Demostración de la Capacidad (Performance Demonstration) de las técnicas de inspección. Así, en la Edición 89 de la Sección XI, se incluyen los apéndices VII y VIII que requieren una demostración práctica de las técnicas de ultrasonidos con el objetivo de validarlas, es decir de verificar que cumplen con los objetivos establecidos de detección y dimensionamiento de defectos.

Como consecuencia de todas estas experiencias, se emprenden principalmente dos iniciativas internacionales para llevar a cabo la validación de técnicas de inspección: en los EE.UU y en Europa.

2.- Iniciativa de validación en los EE.UU.

En los EE.UU, las centrales nucleares constituyen en el año 1989 la "Performance Demonstration Initiative" (PDI) para dar respuesta a los nuevos requisitos del Código ASME, Edición 89. El apéndice VIII de la Sección XI requiere un examen a través de una demostración práctica sobre maquetas del componente construidas a escala real con una población de defectos, cuyas dimensiones están

basadas en las tablas de aceptación de tamaños de defectos de la Sección XI. En dicho apéndice VIII se definen los componentes o áreas para los cuales se requiere la validación de las técnicas de inspección por ultrasonidos, así como los criterios de aprobación del examen en función del número de defectos incluidos en el mismo. Es importante remarcar, como se verá más adelante, que la población de defectos incluidos en el examen no supera los 20 defectos, según las correspondientes tablas del apéndice VIII. El alcance de la validación incluye la demostración conjunta del procedimiento de inspección, de los equipos de adquisición y de evaluación de datos y también del personal de inspección. El examen de validación se realiza de forma confidencial o "ciega", es decir sin información sobre el número de defectos, sus localizaciones y sus dimensiones.

Se encarga al EPRI NDE Center gestionar el proyecto PDI y administrar el examen que se hará a las distintas empresas de inspección. Dada la diversidad de diseños de las centrales americanas y de los componentes que deben incluirse dentro del alcance de la validación, el EPRI realiza un estudio de agrupamiento de áreas de inspección con similitudes geométricas, de materiales, de tipos de soldaduras, etc. con el objetivo de optimizar el número de maquetas de validación a diseñar y fabricar. Se completa la fabricación de maquetas de áreas de la vasija del reactor, incluyendo las toberas de vasija, de pernos y de tuberías de acero ferrítico e inoxidable y se inician en 1994 los primeros exámenes a distintas empresas de inspección mediante las demostraciones prácticas requeridas. La validación de sistemas de inspección de las áreas correspondientes a las soldaduras de las toberas a la vasija del reactor y el radio interior no se implementa en esta época por las razones que se discuten a continuación.

En el transcurso del desarrollo del PDI se encuentran dificultades técnicas en su aplicación y se generan discusiones entre la industria nuclear americana y los reguladores nucleares debido al cuestionamiento que éstos últimos presentan sobre el nivel de confianza que se obtiene en las validaciones realizadas según la implementación del apéndice VIII. La posibilidad que éste da de emplear defectos artificiales en las maquetas, sin justificación de su representatividad del punto de vista de los END, o que los defectos incluidos no presentaran la mayor dificultad para su detección y dimensionamiento, fueron algunos de los puntos más significativos de las discusiones. Finalmente se consigue un consenso técnico sobre la incorporación de éstos y otros aspectos en el proceso de validación, y el 22 de septiembre de 1999, la NRC incorpora el Código ASME, Sección XI, Div. 1, Edición 1995, Adenda 1996 al "Code of Federal Regulations" incluyendo varios requisitos adicionales. El PDI ha ido implementando en el transcurso de los últimos años modificaciones a sus maquetas originales según estas discusiones y al propio proceso de validación, y en algunos casos ha tenido que repetir el examen de validación realizado a algunas empresas de inspección para cubrir los nuevos requisitos. Tecnatom, que validó sus procedimientos, equipos y personal de inspección para la pared de vasija (suplementos 4 y 6 del apéndice VIII) en junio del año 1998, y que fue la primera empresa en pasar estos exámenes en el primer intento, ha sido informada que en su caso la validación obtenida es correcta y cumple con los nuevos requisitos.

3.- Iniciativa de validación en Europa.

En Europa, el Joint Research Center (JRC) de la Comisión Europea, que lleva la coordinación del PISC, promueve a principios de los años 90 la creación de un foro de discusión dirigido a analizar la estrategia de validación a nivel europeo, teniendo como referencia los resultados del PISC. En este foro participan inicialmente las organizaciones involucradas en el proyecto PISC (principalmente empresas de inspección, laboratorios de I+D, universidades, etc.) y en el año 1991 constituyen el

“European Bureau for Inspection Validation” (EBIV) coordinado por JRC. Uno de los temas significativos en las discusiones iniciales del EBIV fue la implicación de las empresa eléctricas europeas en este nuevo foro, dada la responsabilidad asignada a ellos como operadores de centrales nucleares y por consiguiente en la inspección en servicio y en la definición de los criterios de validación de las mismas. Así, en el año 1992 el foro EBIV pasa a denominarse “European Network for Inspection Qualification” (ENIQ) y cuenta con la participación de las CC.NN. europeas y expertos de END de las empresas de inspección más significativas de Europa que actúan como asesores técnicos. Los objetivos de ENIQ son, por un lado, la armonización de una estrategia europea de validación y por otro, el desarrollo de la metodología europea de validación.

Los órganos de dirección de ENIQ son: el "Steering Committee" formado por miembros de las empresas eléctricas europeas y una serie de "Task Groups" (“Qualification” y “Risk-Informed ISI”) encargados del desarrollo de los aspectos técnicos en los respectivos temas.

En 1995 se edita la primera versión de la "Metodología Europea de Validación de Ensayos No-Destructivos", revisada posteriormente en 1997. También se preparan un conjunto de "Prácticas Recomendadas" que desarrollan los aspectos técnicos de la metodología. Paralelamente, los Organismos Reguladores de 10 países europeos, ante la iniciativa de las CCNN europeas, constituyen un Grupo de Trabajo (NRWG-TF-NDTQ) con el objetivo de establecer una visión común en aspectos esenciales de la validación y determinar la filosofía y los principios básicos de la misma. En el año 1996, publican el documento " Common Position of European Regulators on Qualification of NDT Systems for Pre- and In-service Inspection of Light Water Reactor Components", revisada luego en 1997. Cabe señalar que los requisitos de validación definidos por los Reguladores Europeos en este documento tienen una gran coincidencia con la metodología propuesta por ENIQ, lo cuál por otro lado es lógico debido a la experiencia común desarrollada a lo largo de los años en el PISC. La estrategia de validación europea difiere en algunos aspectos significativos de la elaborada en los EE.UU. según se describe a continuación, donde se analizan los factores principales que han dado origen a las diferencias más importantes.

Como se ha comentado anteriormente, el proceso de validación del PDI incluye entre otros, un examen ciego sobre maquetas con un número limitado de defectos, donde se valida simultáneamente el procedimiento de inspección, los equipos empleados y el personal de inspección. Las características de dimensiones y localización de los defectos en las maquetas de examen viene determinada de una forma general en el apéndice VIII y en las tablas de aceptación de defectos de la Sección XI.

En relación con el número de defectos, es necesario señalar que desde el punto de vista estadístico, para conseguir niveles de probabilidad de detección altos con un nivel de confianza superiores al 90%, la población total de defectos debería ser mayor a 55. Por lo tanto, un ejercicio “ciego” de este tipo donde se incluya un total de defectos menor a 20 sólo permite conseguir niveles de confianza del orden del 60% o menores. Es evidente que incluir un total de defectos tan alto hace inviable del punto de vista económico la fabricación de maquetas.

Las características de los defectos a implementar en las maquetas es otro punto importante que ha sido considerado en ENIQ. Una definición general de los parámetros del defecto como su posición, sus orientaciones posibles, dimensiones, tipo y morfología, etc. como la establecida en el apéndice VIII no se considera suficientemente adecuada dado que para determinadas técnicas de inspección

es posible que no se estén incluyendo aquellos parámetros de los defectos que puedan representar las situaciones más difíciles para su detección o su dimensionamiento.

Finalmente, otro aspecto que ha merecido un análisis diferenciador es la validación conjunta y simultánea que en el PDI se hace del procedimiento, equipos y personal de inspección. En caso de no cumplir con los criterios de aprobación del examen por demostraciones prácticas establecidos en el apéndice VIII, no se tiene evidencia de donde están los puntos débiles que conllevaron a tal resultado. Existe una incertidumbre sobre si es el procedimiento de inspección el que está proponiendo técnicas ultrasónicas inadecuadas, o limitaciones técnicas en los equipos de inspección o por último si el personal no tiene la formación adecuada o presentan carencias en el entendimiento correcto del procedimiento.

Es importante señalar que existen además otras diferencias entre ambas metodologías, como es el tratamiento que una y otra hacen de aquellas variables de la inspección incorrectamente definidas o que pueden variar durante la ejecución de la misma y que pueden conllevar cambios en los resultados obtenidos (denominadas variables esenciales), pero que no se incluirá en esta ponencia dada la extensión y el detalle técnico que requieren.

En función de estas consideraciones, la metodología europea ha desarrollado un proceso de validación que tiene en cuenta soluciones técnicas a los aspectos previamente descritos.

Dada la limitación de poder contar con un número alto de defectos en las maquetas, se ha considerado necesario realizar un análisis técnico previo de las capacidades del procedimiento de inspección donde se presenten evidencias de que cumplirá con los objetivos de detección y dimensionamiento requeridos. Estas evidencias pueden presentarse como resultados del análisis físico-matemático de las técnicas propuestas, de ensayos de laboratorio, de estudios paramétricos de las variables esenciales, de modelos de simulación por ordenador de la situación de inspección, etc. Es decir, es necesario un estudio técnico detallado del procedimiento de inspección que permita complementar los exámenes sobre maquetas con defectos y generalizar los resultados prácticos obtenidos cuando se emplea un número reducido de defectos en las maquetas. A este documento se le ha denominado: Justificación Técnica. Por lo tanto, la metodología europea requiere la complementación de los dos elementos básicos de la validación: demostraciones prácticas y justificaciones técnicas.

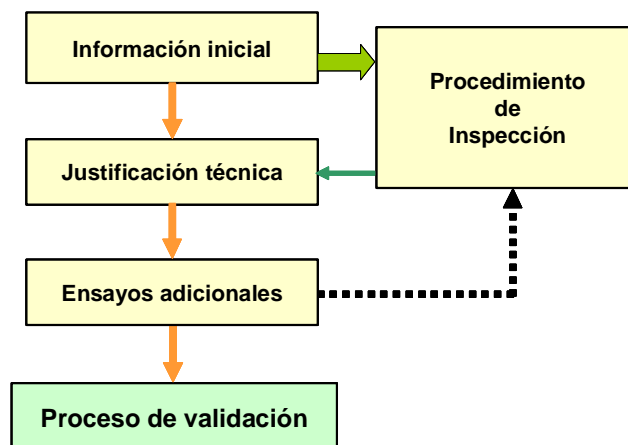


Figura 1: Esquema básico de preparación de la Justificación Técnica

Además, se considera que la especificación de la población reducida de defectos de las maquetas tenga en cuenta que sean los que presentan más dificultades para su detección y dimensionamiento. Es decir, que una vez definido el tipo de defecto que puede estar presente en el área de inspección, así como de sus posibles orientaciones y posiciones, es necesario determinar de todas las posibles combinaciones de estos parámetros, cuales presentan las mayores dificultades de detección y dimensionamiento. En consecuencia, es necesario incluir estos "Peores Casos de Defectos" (PCD) en la población de defectos de las maquetas. Todos estos defectos deben ser detectados en la demostración práctica. Con este requisito de 100% de detección, y definiendo un 90% de nivel de confianza, el número mínimo de defectos necesarios es de 11. Detectando los PCD se garantiza la detección del resto de la población posible de defectos ya que no presentan las mayores dificultades de detección. Añadiendo a este resultado, las evidencias de las capacidades del procedimiento de inspección presentadas en la Justificación Técnica, se logra un alto nivel de confianza en los procedimientos validados con ésta metodología.

Por otro lado, el proceso de validación europeo separa la validación de procedimientos y equipos de inspección de la validación del personal de inspección. Se requiere realizar primero la validación de los procedimientos y equipos y una vez que se demuestra la capacidad de los mismos para cumplir con los objetivos de la inspección, se procede a la validación del personal de inspección aplicando el procedimiento previamente validado. En consecuencia, en el caso de obtener resultados negativos en la validación del personal, esto sería debido a una formación inadecuada de los operadores o a una falta de entendimiento de los principios de las técnicas especificadas.

En función de estos criterios, la metodología europea contempla que la validación del procedimiento y de los equipos de inspección se realice mediante maquetas con defectos, incluyendo los PCD, cuyos datos son conocidos por el operador, porque en este caso es el propio procedimiento y sus instrucciones las que deben demostrar su capacidad de cumplir con los objetivos de detección y dimensionamiento requeridos. Es decir, que el resultado de la demostración práctica "abierta" debe ser independiente del operador. Esto ha conllevado a un cambio importante en la estructura y contenido de los procedimientos de inspección que están sujetos a validación, dado que ahora se deben incluir instrucciones detalladas de cómo se inspecciona el área en cuestión, cómo se adquieren los datos y cómo se analizan los mismos, y la validación debe hacerse siguiendo al pie de la letra estas instrucciones y no se permite la interpretación de resultados en la evaluación de datos que no este plasmada en el procedimiento. Por el contrario, la validación del personal de inspección debe hacerse en maquetas con defectos confidenciales o "ciegos" y empleando un procedimiento previamente validado, de tal manera que ahora se examina el conocimiento y entendimiento del operador y analista de datos en la aplicación del procedimiento.

Esta estrategia de validación europea ha sido contrastada en un primer estudio piloto realizado por ENIQ para tuberías de acero inoxidable y en un segundo estudio piloto aplicado a la soldadura de tobera de vasija que ya ha sido completados.

En función de estas experiencias, las CC.NN. europeas han o están implementando la metodología ENIQ en cada país teniendo en cuenta sus requisitos legales nacionales.

4.- Iniciativa de validación en España.

Desde el año 1990 existen iniciativas de las CCNN españolas para implementar una metodología de validación, que han tenido en cuenta la evolución de las iniciativas en EE.UU y Europa. En el año 1997 UNESA (que es la Asociación Española de la Industria Eléctrica) comienza el desarrollo de la "Metodología de Validación de Sistemas END empleados en las ISI de las CC.NN. españolas" que se completa a principios de 1999. Esta metodología está basada en los principios fijados por ENIQ, pero teniendo en cuenta la Sección XI del Código ASME, que es la referencia normativa para la inspección en servicio en España. En el año 2000, UNESA y el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) iniciaron conjuntamente el proyecto VENDE dirigido a establecer la validez de la metodología propuesta. El proyecto se completó en año 2002 y con las lecciones aprendidas se procedió a revisar la Metodología, que se editó como documento UNESA CEX-120, revisión 2 en el año 2003. En marzo de 2004, el CSN dio su apreciación favorable a la misma, por lo que a partir de esa fecha, todos los sistemas de inspección empleados en las áreas definidas en el alcance de la Metodología deben ser validados.

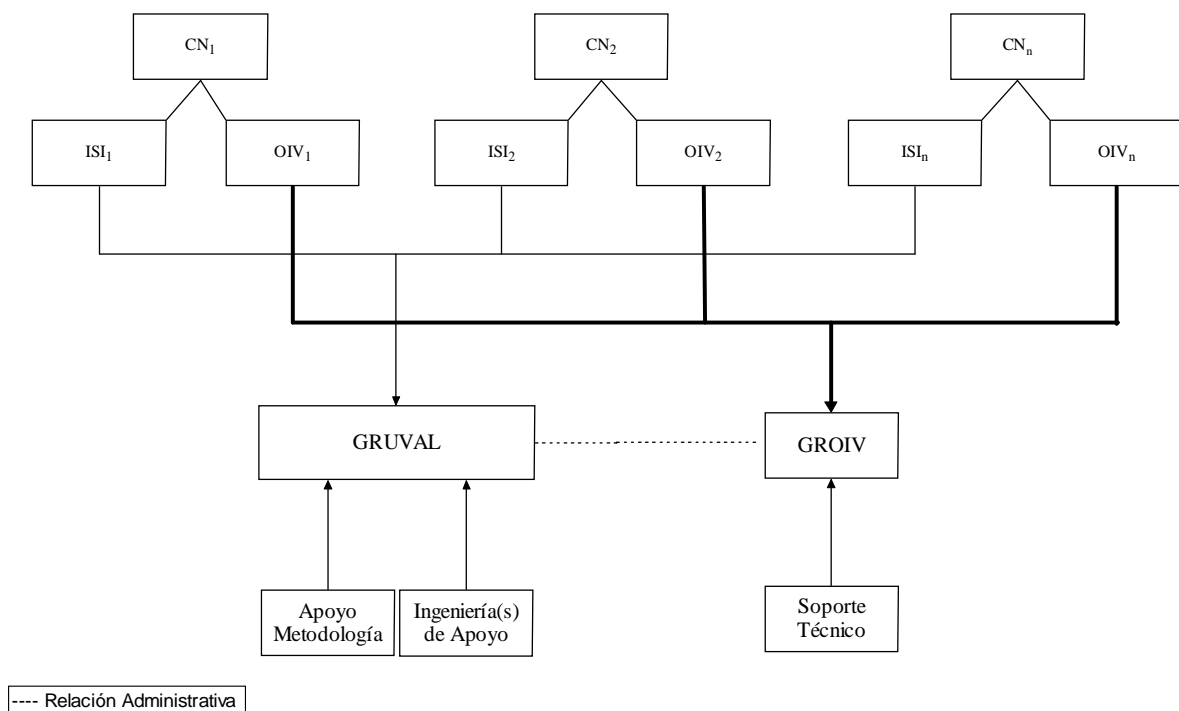


Figura 2: Organigrama del proceso de validación END en España

En la figura 2 se muestra la organización que las centrales nucleares españolas han establecido para validar los sistemas de inspección que se apliquen a áreas y componentes similares.

Cada Central Nuclear es responsable de la validación de los sistemas de inspección que emplee para cumplir sus programas de inspección en servicio. La Metodología de Validación permite que las centrales nucleares se agrupen para en procesos sinérgicos de validación con el fin de optimizar los recursos técnicos y económicos. Cada Central Nuclear debe constituir su Organización Independiente de Validación (OIV) y también se permite el trabajo conjunto de las mismas.

La Central Nuclear es responsable de definir la especificación de la validación (áreas, tipo y tamaño de defectos) y los objetivos de la validación (probabilidad de detección, falsas llamadas, dimensiones y errores de medidas admisibles).

La Organización de Validación es responsable de evaluar toda la información aportada por la propia Central y por la Empresa de Inspección, y certificar la validación si procede.

La Empresa de Inspección es responsable de realizar la documentación de validación que soliciten las CC.NN. y las demostraciones prácticas de los sistemas de inspección, según se define en el documento de Metodología.

El CSN cumplirá sus funciones de Organismo regulador como en cualquier otra actividad de la operación de la central.

A continuación se describen algunos de los conceptos básicos de la Metodología de Validación de UNESA:

4.1 Áreas y componentes de las Centrales Nucleares

El marco de referencia para la definición de las áreas y componentes de las Centrales Nucleares, cuyos sistemas de inspección deberán estar sujetos a validación, es el Programa de Inspección en Servicio establecido por la Sección XI del Código ASME, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones adicionales:

- La fiabilidad de los métodos de Ensayos No Destructivos (END) aplicados en la ISI depende de los siguientes factores principales:
 - a. Las características y naturaleza del componente
 - b. La naturaleza de los defectos y sus diferentes formas
 - c. El método de END seleccionado
 - d. La optimización del procedimiento específico para el componente a inspeccionar, tipo de defecto, condiciones ambientales, etc.
 - e. La capacidad técnica de los operadores del sistema de inspección
- Las áreas y los componentes incluidos en el programa de inspección en servicio que hayan desarrollado defectos específicos que puedan afectar a su integridad estructural, podrán tener una mayor probabilidad de fallo que aquéllas en las que sólo se han considerado defectos postulados por requisitos de diseño o en aquéllas en las que no existe ningún indicio del tipo de degradación que pueda generarse (defecto indeterminado).

En función de lo anteriormente expuesto, las áreas y componentes cuyos sistemas de inspección estarán sujetos a los requisitos de validación aquí desarrollados, son los siguientes:

- a. Las áreas y componentes del Apéndice VIII de la Sección XI del Código ASME:
 - Suplemento 2: Soldaduras en tuberías de acero austenítico forjadas
 - Suplemento 3: Soldaduras en tuberías de acero ferrítico
 - Suplemento 4: Interfaz cladding / material base de pared de vasijas
 - Suplemento 5: Radio interior de toberas
 - Suplemento 6: Soldaduras de pared de vasija
 - Suplemento 7: Soldaduras tobera-vasija
 - Suplemento 8: Pernos y tuercas
 - Suplemento 9: Soldaduras en tuberías de acero austenítico fundido
 - Suplemento 10: Soldaduras en tuberías de materiales diferentes (bimetálicas)

Suplemento 11: Soldaduras estructurales (“repair weld overlay”) en tuberías de acero austenítico.

- b. Otras áreas y componentes de la Sección XI no incluidas en la relación anterior, en las que exista algún defecto específico de la Central Nuclear en cuestión y aquellas cuya inspección se realice por requerimiento específico del Consejo de Seguridad Nuclear.

4.2 Método de inspección en servicio

La metodología de validación está dirigida principalmente a los sistemas de inspección por métodos volumétricos, en particular los de ultrasonidos, que permiten detectar, posicionar y dimensionar defectos superficiales y subsuperficiales tanto en su longitud como en su profundidad en la sección del espesor de pared del componente. La aplicación volumétrica de otros métodos de END, como es el caso de las corrientes inducidas en tubos de generadores de vapor, también requieren validación.

4.3 Tipos de defectos en el proceso de validación.

- Clasificación de los defectos por su naturaleza.

En los componentes de las centrales nucleares se distinguen tres casos diferentes de defectos según su naturaleza:

a) Defecto específico

Defecto específico es aquél que se ha detectado en un área o componente de la Central Nuclear en cuestión.

Se conoce el tipo de defecto y su localización y es posible que también su morfología y sus dimensiones, por lo que en consecuencia se puede establecer un procedimiento de inspección optimizado orientado a su detección y dimensionamiento.

b) Defecto postulado

Defecto postulado es aquél que se supone en un componente por requisitos de diseño o por experiencias aplicables a áreas del mismo tipo. Las características exactas de los defectos no se conocen y por lo tanto deben ser establecidas utilizando, llegado el caso, la experiencia obtenida con defectos similares que hayan afectado a otros componentes del mismo tipo.

Aquellas CCNN que apliquen programas de inspección de tuberías basados en información del riesgo, incluirán como defectos postulados a aquellos mecanismos de degradación activos en los segmentos de tuberías calificados como de alta significación para la seguridad.

c) Defecto indeterminado

Defecto indeterminado es aquél que no ha sido detectado ni se espera que pueda aparecer (no es específico ni postulado). La inspección se lleva a cabo de forma preventiva a efectos de vigilancia únicamente porque lo requiere la Sección XI del Código ASME y otras normas en vigor.

- Influencia del tipo de defecto en la validación.

La clasificación de los defectos por su naturaleza es necesaria en relación con el proceso de validación dado que, entre otros, afecta al alcance y contenido de los elementos

constitutivos de la validación que son las justificaciones técnicas y las demostraciones prácticas.

El defecto específico, al ser conocidas la mayoría de sus características, permitirá definir un sistema de inspección que pueda ser optimizado para la detección y dimensionamiento de los mismos, y en su caso establecer las limitaciones técnicas de su aplicación. En consecuencia, la demostración de la capacidad y fiabilidad de un sistema de inspección puede realizarse con un alto rigor y niveles de exigencias de cumplimiento de requisitos mayor que en cualquier otro caso.

En el caso de defecto postulado, por no conocerse sus características de forma exacta, sólo permitirá definir procedimientos de inspección optimizados en base a una limitada información de los mismos. En estos casos de inspecciones de carácter más general, se intenta demostrar la capacidad y fiabilidad de los procedimientos de inspección, principalmente mediante la extensión y generalizaciones de las evidencias prácticas y teóricas.

Finalmente, para el caso de defecto indeterminado, al no conocerse sus características, los procedimientos de inspección se deben ajustar a los requisitos especificados en la Sección V y en la Sección XI del Código ASME y otras normas en vigor, por lo que sólo debe demostrarse su cumplimiento.

4.4 Definición de los objetivos de la validación de los procedimientos de inspección.

El procedimiento de inspección debe cumplir los objetivos de la inspección en servicio desde el punto de vista de la detección, dimensionamiento y localización de los defectos que se hayan especificado para un área determinada o componente de la central nuclear.

Para la definición de los objetivos de la inspección y del procedimiento de inspección es necesario contar con la siguiente información previa:

a) Descripción del componente o área a inspeccionar

Las características del área o componente debe incluir sus dimensiones, su geometría, los tipos de materiales base y de soldadura, el tipo de soldadura, el acabado de la superficie de exploración, las condiciones ambientales y las restricciones de acceso según el método y el sistema de inspección a aplicar.

b) Tipo de defectos

El tipo de defecto objeto del procedimiento de inspección se debe definir de acuerdo a la descripción de los distintos tipos de defectos realizada en 5.1.

La información requerida afecta además a su localización en el componente o área a inspeccionar, su orientación, la morfología, el tamaño del defecto y la relación entre la profundidad y su longitud.

c) Análisis del tamaño de los defectos

El tamaño de referencia para validación de los defectos indeterminados, postulados y específicos se definirá para cada componente o área de acuerdo con el siguiente esquema:

- En el caso de defectos indeterminados y postulados se adoptará los estándares de aceptación de la Sección XI del Código ASME correspondientes al área en cuestión.
- En el caso de defectos específicos cuyas dimensiones superan los estándares de aceptación de la Sección XI, se determinará como el mayor valor de la profundidad

(a) de los defectos detectados. En el caso que los defectos específicos no superen los estándares mencionados, se aplicará el mismo criterio que para defectos indeterminados y postulados.

4.5 Elementos constitutivos de la validación de sistemas END.

La validación de un sistema de inspección en servicio puede requerir la evaluación de los procedimientos de inspección, equipos de adquisición y evaluación de datos y del personal.

La validación de los sistemas de inspección en servicio se debe conseguir mediante la combinación de los siguientes elementos:

- 1) Demostración Práctica (ciega o no ciega): realizada sobre maquetas representativas o simplificadas del área o componente sujeto a inspección.
- 2) Justificación Técnica: constituida por todas las evidencias disponibles sobre la fiabilidad del ensayo, que puede incluir los análisis físico-matemáticos de las técnicas, experiencia previa en situaciones semejantes, modelos matemáticos y de simulación, estudios de laboratorios, etc.

Para cada situación de validación se deben determinar los alcances de la demostración práctica y de la justificación técnica. Para ello es necesario establecer los criterios específicos que definen esos alcances, dado que son función de una gran variedad de aspectos influenciados, como es el caso de la geometría, los materiales, el tipo de defecto, la experiencia previa, el método de END, el acceso a las áreas, etc.

4.6 Requisitos exigidos para la validación del procedimiento y equipos de inspección.

4.6.1 Áreas o componentes con defectos específicos

- a) Se requiere una Demostración Práctica “no ciega” con defectos del tipo específico (reales o simulados) en maquetas que reproduzcan el área sujeta a inspección. La Demostración Práctica “no ciega” es el elemento más idóneo para validar sistemas de inspección de áreas con defectos específicos.
- b) Se elaborará una Justificación Técnica con el fin de generalizar y completar los resultados obtenidos en la Demostración Práctica.

4.6.2 Áreas o componentes con defectos específicos

- a) La Justificación Técnica es el elemento más idóneo para validar sistemas de inspección de áreas con defectos postulados. La Justificación Técnica analizará en profundidad las características técnicas del procedimiento de inspección, las variables esenciales, las evidencias similares existentes compatibles con la validación en curso, modelos matemáticos y de simulación verificados.
- b) En caso que la Justificación Técnica presente evidencias de todos los aspectos requeridos, la Demostración Práctica “no ciega” no será necesaria.
En aquellos casos en que se necesite completar la Justificación Técnica con datos experimentales, la Demostración Práctica “no ciega” se podrá realizar en maquetas simplificadas y con reflectores artificiales que tengan desde el punto de vista del método de END, un comportamiento similar al defecto postulado.

4.6.3 Áreas o componentes con defectos indeterminados

- a) Se requiere una Justificación Técnica simplificada que demuestre que las características técnicas del procedimiento de inspección cumplen con las Secciones V y XI del Código ASME
- b) Sólo se requiere documentar los datos de las calibraciones requeridas en los bloques definidos por la normativa en vigor, y que formarán parte de la Justificación Técnica Simplificada.

4.7 Requisitos Exigidos Para La Validación Del Personal De Inspección

En todos los casos se requerirá que el personal responsable de la inspección y el que realice la evaluación de resultados de la inspección esté en posesión de la Certificación de END requerida por la central Nuclear. Adicionalmente, en función del tipo de validación que se esté llevando a cabo, el personal que realice por un lado las calibraciones y las adquisiciones de datos y, por otro, la evaluación de los datos, deberá completar los siguientes requisitos:

4.7.1 Áreas o componentes con defectos específicos

El personal de inspección involucrado en la calibración de equipos y la adquisición de datos debe realizar la Demostración Práctica “no ciega” requerida para la validación de los procedimientos de inspección.

Los analistas de datos de inspección deben realizar una Demostración Práctica “ciega” sobre una maqueta con defectos específicos y que reproduzca el área sujeta a inspección o sobre datos previamente adquiridos en la maqueta empleada en la validación de los procedimientos y equipos de inspección, una vez que hayan sido validados. En el caso de emplear datos previamente adquiridos, la elección de los mismos será realizada de forma selectiva para asegurar su representatividad y aleatoria dentro de éstos.

4.7.3 Áreas o componentes con defectos postulados

El personal de inspección involucrado en la calibración de equipos y la adquisición de datos debe realizar la Demostración Práctica “no ciega”, en el caso de que haya sido necesario completar la Justificación Técnica con la realización de la misma para la validación de los procedimientos de inspección.

4.7.4 Áreas o componentes con defectos indeterminados.

No se requerirá ningún requisito adicional de calificación.

4.8 Documentos Técnicos De La Metodología De Validación

Para la aplicación de la metodología de validación se han elaborado los siguientes documentos técnicos:

- Documento Técnico 1: Guía para la definición de objetivos de la validación de sistemas de inspección en servicio.
- Documento Técnico 2: Guía para la definición de variables esenciales de la inspección.
- Documento Técnico 3: Guía para la preparación de justificaciones técnicas
- Documento Técnico 4: Guía para la especificación de maquetas del proceso de validación.
- Documento Técnico 5: Guía para la preparación y ejecución de demostraciones prácticas.

- Documento Técnico 6: Guía para la preparación del informe final de validación.
- Documento Técnico 7: Guía para la organización y gestión del proceso de validación.

5.- Conclusiones

Se han descrito los antecedentes de la validación, desde los proyectos internacionales PISC, la publicación del Apéndice VIII en la Sección XI del Código ASME para la validación de sistemas de inspección por ultrasonidos, la constitución del European Network for Inspection Qualification (ENIQ) para desarrollar la metodología de validación europea aplicable al conjunto de los ensayos no destructivos (END) y la Metodología de Validación desarrollada en España por UNESA (CEX-120). Se describen así mismo, las diferencias más importantes entre la metodología americana y la europea.

Se incluye en la ponencia las referencias técnicas más significativas de la Metodología de Validación de UNESA, como es el caso del empleo de Justificaciones Técnicas y Demostraciones Prácticas como elementos esenciales en el proceso de validación de los sistemas de inspección, así como la definición conceptual del tipo de defecto, que condiciona los requisitos y etapas en la validación, siendo estos: defecto específico, defecto postulado y defecto indeterminado. Los criterios para validar la inspección de un defecto específico, que es el que existe en un determinado componente de la central nuclear, son más prolijos que los existentes para validar la inspección de un defecto postulado, que no está presente en los componentes pero por experiencias operativas similares o de análisis de riesgo o por el diseño del componentes, pueden darse en un futuro. Finalmente la no existencia de ninguna de las premisas anteriores, da lugar a la definición del defecto indeterminado, donde sólo se requiere la presentación de evidencias en el cumplimiento de la normativa en vigor.

El alcance de áreas y componentes a las que aplica la validación de la inspección incluye todas las tuberías, la vasija del reactor y los principales componentes de las centrales nucleares.

El tema de la validación de los sistemas de inspección se está aplicando en casi todos los países donde operan centrales nucleares y en consecuencia, debe tenerse en cuenta su previsible extensión a los que todavía no la han implementado, y para ello es importante conocer las experiencias obtenidas hasta la fecha con el fin de optimizar la dedicación de recursos técnicos y económicos.

Con respecto a las validaciones realizadas, se informa que se ha completado la correspondiente a la inspección manual de tuberías ferríticas y austeníticas que se ha hecho empleando las maquetas del programa PDI del EPRI y sus tres procedimientos genéricos correspondientes. Un total de 8 operadores realizaron las demostraciones prácticas con éxito y el EPRI elaboró las Justificaciones Técnicas de los procedimientos de inspección y de aplicabilidad de maquetas a las áreas de tuberías ferríticas y austeníticas de las CC.NN.EE. según los requisitos de la Metodología UNESA CEX-120.

Se encuentra en curso de realización de estas inspecciones pero por medio automáticos, cuyos procedimientos de inspección y justificación técnicas están en proceso de revisión, aprobación y certificación.

Por otro lado, se han completados las especificaciones de validación de todas las áreas de las vasijas incluidas en el alcance del proyecto, mediante la preparación de los correspondientes Informes de Objetivos de Validación y se están elaborando los procedimientos de inspección y justificaciones técnicas.

