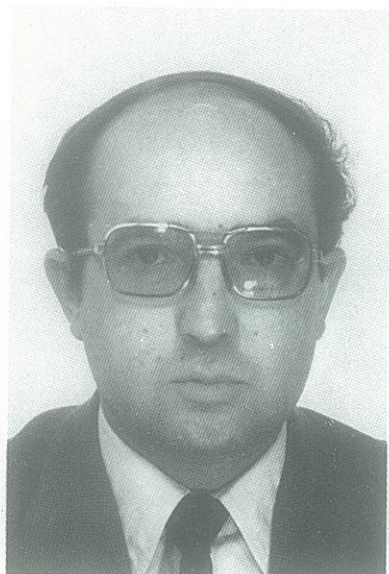


LA INFORMATICA EN LA INSPECCION MECANIZADA DE VASIJAS DE REACTORES DE CENTRALES NUCLEARES

INSPECCION

José Luis REMBADO y Gustavo Julio BOLLINI



José Luis REMBADO GONZALEZ es Ingeniero Industrial por la ETSII de Madrid. Desde 1972 en que ingresó en Tecnatom, ha intervenido en numerosas actividades relacionadas con la inspección en servicio y organización de mantenimiento y almacenes de centrales nucleares.

En la actualidad es Jefe de la Sección de Mantenimiento del Departamento de Técnicas Especiales de Tecnatom, S. A.



Gustavo Julio BOLLINI es Ingeniero Electromecánico por la Universidad de Buenos Aires. Master of Technology of NDT de Brunel University (Londres), tiene el Certificado CSWIP en Inspección de Soldaduras: Welding Institute. Miembro del British Institute of NDT, nivel III en Ultrasonidos de la AECC, es, en la actualidad, Jefe del Grupo de Inspecciones Mecanizadas del Departamento de Técnicas Especiales de TECNATOM, S. A.

LEGISLACION E INSPECCION EN SERVICIO DE CENTRALES NUCLEARES

Las centrales nucleares españolas, según queda reflejado en las Autorizaciones de Construcción, deben diseñarse de acuerdo con los códigos y normas nacionales que sean aplicables; asimismo, deben seguir aquellas guías establecidas por organismos internacionales a los que se haya adherido el Gobierno Español. En los casos no cubiertos por las normas, códigos o guías nacionales o internacionales, se seguirán códigos y normas de reconocida aplicación por la industria nuclear y, siempre que no se opongan a lo dicho anteriormente, se aplicarán los códigos y normas establecidos en el país de origen del proyecto.

Así, en el caso de las centrales nucleares construidas o en construcción en España, cuyo país de origen del proyecto son los EE. UU., quedan condicionadas a las regulaciones del 10CFR50 que, a su vez, refiere para ciertos temas, el Código ASME (American Society of Mechanical Engineers), como documento de base, aunque también se establece la posibilidad de utilizar otras normas, pero que deben equipararse al Código ASME.

En el Código ASME se especifica, entre otros, que durante toda la vida de un reactor tipo agua a presión (PWR) o agua en ebullición (BWR), aquellos componentes clasificados como Clase I, II y III, deben cumplir los requerimientos expresados en la Sección XI del Código ASME, titulada «Reglas para la Inspección en Servicio de Centrales Nucleares».

Esta sección apareció, por primera vez, después de una serie de borradores, en enero de 1970. Dicha sección es sometida a periódicas revisiones, con objeto de actualizarla a los nuevos diseños, requerimientos de construcción y de inspección. La Nuclear Regulatory Commission de los Estados Unidos (USNRC) es la encargada de refrendar las ediciones y adendas revisadas. Así la última edición vigente es la del invierno de 1980. La Sección XI del Código ASME define los requerimientos de inspección con el objeto de detectar, dimensionar, caracterizar y evaluar defectos de los componentes que se hayan producido durante el tiempo de operación de la central o que en las etapas de proyecto y construcción no hayan sido detectadas. En función de estas inspecciones se procederá a reparar o sustituir el componente o, en su caso, a observar la

evolución de los defectos mediante inspecciones periódicas.

El código define, entre otras, componentes y áreas a inspeccionar, la calificación del personal que realiza las inspecciones, la periodicidad de verificación de los componentes, etc.

Uno de estos componentes es la vasija del reactor donde se desarrolla el proceso de fisión nuclear para la generación de calor. Por tanto, este componente de Clase I queda sujeto a todos los requerimientos de inspección en servicio definidos en la Sección XI del Código ASME.

Esta Sección requiere la inspección periódica de las soldaduras y zona adyacentes, radio interior de las toberas, zona de ligamentos y roscada de la brida, etc. por técnicas volumétricas. Por consideraciones que se escapan del alcance de este artículo, la inspección de estas áreas se realiza por ultrasonidos. Debido a los altos niveles de radiación existentes en la vasija, se hace inviable la inspección manual, aparte de otras consideraciones de accesibilidad física, por lo que se debe recurrir a equipos mecanizados con control remoto para posicionar y mover los palpadores de ultrasonidos.

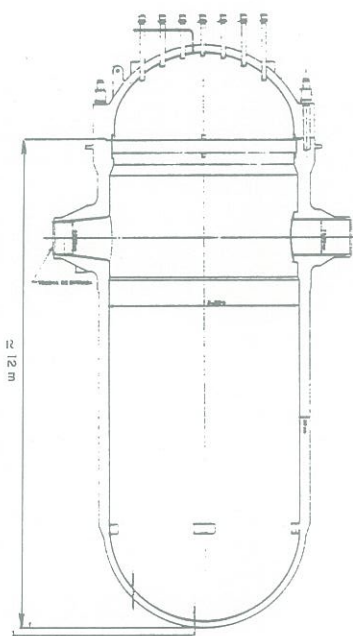
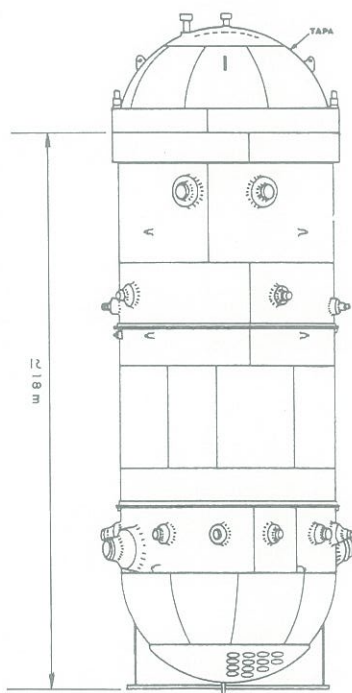
DESCRIPCION DE VASIJAS DE REACTORES NUCLEARES

Dos de los sistemas de generación de energía por medios nucleares son los conocidos como reactores de agua a presión (PWR) y de agua en ebullición (BWR). Las vasijas en estos tipos de reactores difieren significativamente, no sólo en sus características de funcionamiento, sino también en la geometría propia del componente, número de toberas de entrada y salida a los diferentes circuitos asociados, soldaduras en el componente, etc. En la figura 1 se muestran dos esquemas de ambos tipos de vasijas.

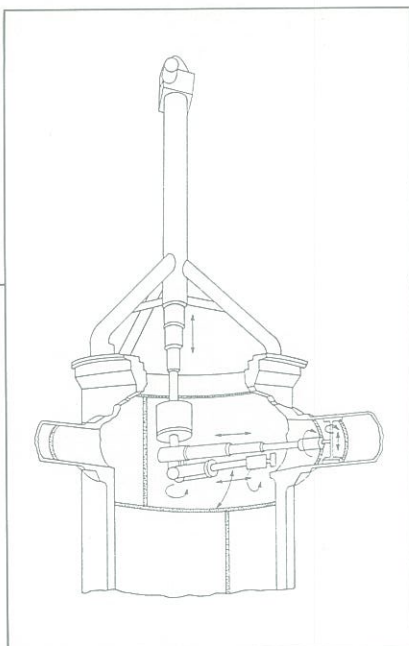
En el caso de vasijas tipo PWR existen en su interior componentes internos cuyas funciones, entre otras, son las de sostener el núcleo y transmitir su peso a la vasija, mantener la alineación vertical de los elementos combustibles y limitar su movimiento, mantener la alineación entre el combustible y las barras de control, direccionamiento del refrigerante a través del combustible, etc. dejando el interior de la vasija libre de interferencias en las áreas requeridas de inspección.

Por el contrario, en las vasijas tipo BWR existen en su interior componen-

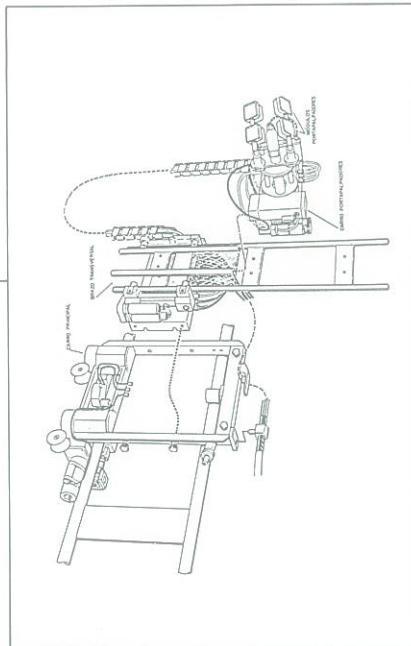
F I VASIJA TIPO BWR



VASIJA TIPO PWR



F II Equipo inspección vasijas PWR



F III Equipo inspección pared para vasijas BWR

En el primer caso, éstos se han diseñado teniendo en cuenta que la inspección completa de la vasija del reactor puede realizarse desde el interior de la misma. En el segundo, por el contrario, el sistema de inspección se ha diseñado para realizarlo desde el exterior.

La característica esencial de estos equipos mecanizados de inspección es que son controlados remotamente por medios eléctricos, electrónicos y neumáticos, asimismo, la adquisición de los datos ultrasónicos conlleva asociado un sistema más o menos complejo de registro de estos datos. Por último, es necesario registrar las coordenadas de los movimientos de los equipos, conjuntamente con los datos ultrasónicos, para poder realizar la evaluación de las indicaciones observadas (caracterizarlas, dimensionarlas) y localizarlas en el área en cuestión.

DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS MECANIZADOS

Para la inspección de vasijas del tipo PWR, el sistema mecanizado consta de un trípode que apoya sobre la brida de la vasija y soporta un mástil telescópico cuyo extremo inferior puede bajarse hasta el casquete esférico de la vasija. Aquél es accionado eléctricamente y provee el movimiento vertical del sistema.

Solidario al mástil hay un brazo horizontal que realiza un movimiento de 360° y cuyo centro de giro coincide con el de la vasija. Este brazo posee también un sistema telescópico que permite acercar su extremo hasta la pared de la vasija. La rotación se controla por medio de un motor eléctrico, mientras que la extensión y retracción del sector telescópico es controlado neumáticamente.

Por debajo de este brazo horizontal existe un segundo brazo, que además de poder girar hasta 360° (solidario con el

anterior), tiene un movimiento pivotante de 180° y cuyo centro coincide con el centro del casquete esférico de la vasija. Este brazo posee otro sistema telescópico de aproximación a la pared de la vasija que se controla electrónicamente.

Todos los movimientos mencionados poseen codificadores electrónicos que permiten conocer la posición exacta del extremo de cada brazo en todas las circunstancias de trabajo.

Además, dispone de un sistema de rotación que se monta en el extremo de los brazos y que permite un giro en el plano vertical de 360°. Sobre este rotator va colocado el dispositivo de portapalpadores (ver figura 2).

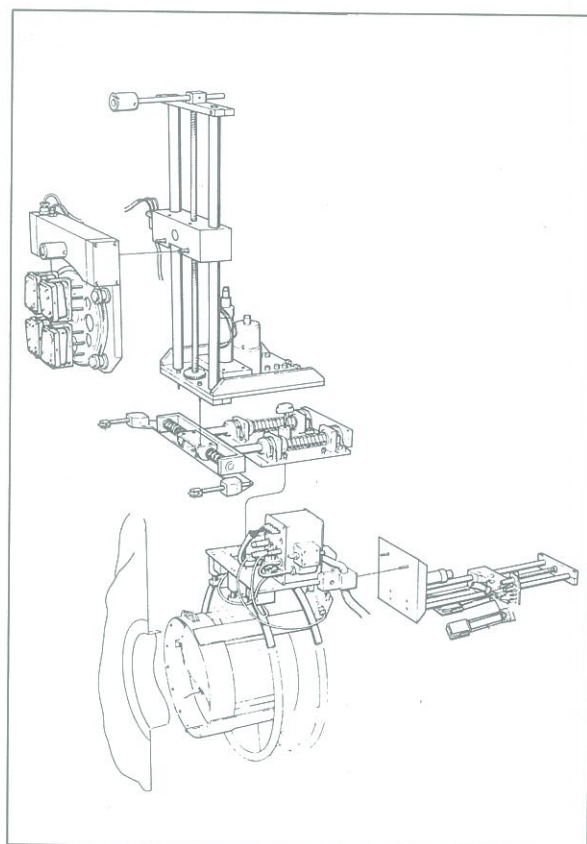
Finalmente, existen dispositivos especiales que permiten el acceso y la inspección de áreas tales como las toberas y las soldaduras de éstas a las tuberías, las zonas de radio interior de las mismas, las zonas roscadas de los alojamientos de los pernos y las zonas de ligamentos (volumen comprendido entre las zonas roscadas), etc.

La instalación del sistema mecanizado de inspección sobre la brida de la vasija se realiza mediante los pines guías (3) que se utilizan para la alineación durante las maniobras de los componentes internos de la vasija. La vasija tiene puntos de referencia propios, los cuales se equiparan con los sistemas de referencias del equipo mecanizado, para la correlación de las coordenadas de los movimientos con las líneas centrales de soldaduras, interferencias internas, etc.

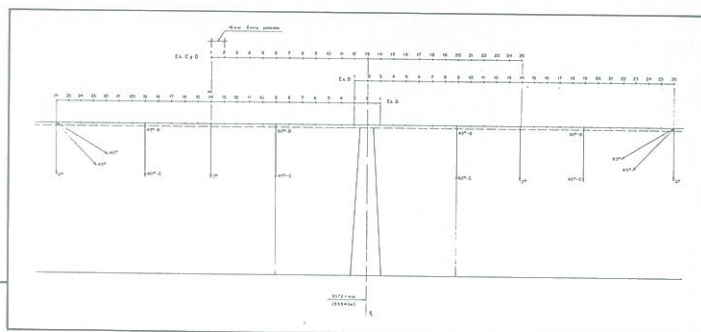
En la inspección de vasijas tipo BWR, el sistema mecanizado consta de dos dispositivos. El primero de ellos se utiliza para la inspección de las soldaduras longitudinales y circunferenciales de la vasija y el segundo para la inspección de las soldaduras de la tobera a vasija y a la tubería. Ambos dispositivos se mueven por unos carriles. Para el primer dispositivo existen una serie de carriles

tes que permiten ser desmontados, aquellos que se encuentran por encima del núcleo del reactor, pero en la zona del núcleo y por debajo de él, los componentes internos se encuentran soldados a las paredes internas de la vasija. En estos casos existe, por tanto, una interferencia de acceso por el interior a las áreas a inspeccionar.

Esta diferencia, entre ambos tipos de vasijas, ha definido dos tipos diferentes de sistemas mecanizados de inspección.



F IV Equipo inspección para vasijas BWR



F V Sección horizontal a la altura de la soldadura C-3

F VI

*** INSPECCION MECANIZADA VASIJAS REACTOR PWR-PARED ***

LENTINIS JOSÉ CÁRREGA SOLIMUQUEL L-1		INSP-2 ES EXAMEN A		FECHA: 1983 PROCES. 01-00-1		OPERADOR/FECHA: CONFIGURACION MODULO P1230		PAG.1	
POS.	PALPADOR	ANGULO	CABLE/S PALPADOR	CABLE/S RESERVA	CABLE/S PALPADOR/RESERVA	EQUIPO UT	C/T PUERTAS	CABLE/S RESERVA	PALPADOR RESERVA
1	00-0	00-0	1 (L6)	2	0/13	BR-3	32/000	5/2	00-15
2	00-1	00-1	1 (M)	2	2/12	BR-2	30/150	3/4	00-11
3	00-16	00-0	8 (L6)	1	0/11	BR-1	50/500	1/2	00-18
4	00-11	00-0	13-140 LPI	4-5R	15-15/14-14	BR-4	10/200	7/8	00-13

ROTADOR (CUNTA) 00000 EXTENSION ACOP/L: COTA L-C, SOLDADURA (MM/GRADOS): 296-50

-PLAN DE EXPLORACION Y REGISTRO DE DATOS-

PASADA	NOTACION	LEVAC	MM/SEC.	ARPEZ	VIDEO	ROLLO	HOJA	OBSERVACIONES
1A	29720	19330-24200	/	/	/	/	/	/
2A	29450	19330-19330	/	/	/	/	/	/
3A	29580	19330-24200	/	/	/	/	/	/
4A	29510	24200-19330	/	/	/	/	/	/
5A	29450	19330-24200	/	/	/	/	/	/
6A	29450	19330-24200	/	/	/	/	/	/
7A	29720	24200-19330	/	/	/	/	/	/
8A	29720	24200-19330	/	/	/	/	/	/
9A	29720	24200-19330	/	/	/	/	/	/
10A	29720	24200-19330	/	/	/	/	/	/
11A	29720	19330-24200	/	/	/	/	/	/
12A	29720	24200-19330	/	/	/	/	/	/

permanentes, horizontales y verticales, que están instalados en el muro de sacrificio que rodea a la vasija y cuyas posiciones están en función de la localización de las soldaduras. Los carriles que se emplean en el segundo dispositivo son desmontables y se colocan sobre cada tobera cuando se inspecciona.

El dispositivo de inspección de pared posee un carro principal que se desplaza sobre los carriles y un segundo carro que se mueve a lo largo de un brazo transversal solidario con el carro principal, generando así un movimiento perpendicular al principal. Los módulos portapalpadores se montan sobre un rotador, que permite un giro de 360° y que va solidario al carro secundario que, a su vez, posee un sistema de extensión y retracción que controla el acoplamiento de los palpadores a la pared de la vasija. Existe en el equipo un sistema de suministro de agua a los palpadores que provee el medio de acoplamiento de los mismos (ver figura 3). Todos los movimientos son controlados electrónicamente y poseen codificadores electrónicos que permiten conocer, en cada momento, la posición de cada parte del dispositivo.

El sistema de inspección de toberas es, en su filosofía similar al anterior, con la característica de que el brazo transversal está colocado de forma radial con el carril de la tobera y los módulos portapalpadores se deslizan a lo largo del mismo, cambiando así su distancia con respecto a las líneas centrales de las soldaduras que inspecciona en cada momento. En este caso existe un rotador,

como en el caso anterior, y el acoplamiento de los palpadores se realiza también de la misma forma.

Con este dispositivo se pueden inspeccionar también las soldaduras de las toberas a las tuberías, aunque en este caso el conjunto no posee un rotador para el módulo portapalpadores y, además, el acoplamiento se realiza por medio de un sistema de muelles que actúa sobre el brazo transversal, aproximando los palpadores a la pared de la tubería (ver figura 4).

Todos los movimientos se controlan electrónicamente, existiendo codificadores electrónicos que permiten conocer la posición del módulo portapalpadores en cada momento.

El sistema de adquisición de datos que recoge la información detectada consta de cuatro equipos de ultrasonidos, lo que permite la inspección simultánea con cuatro palpadores. Estas señales ultrasónicas se visualizan en cuatro pantallas remotas (tubos de rayos catódicos) colocadas de tal manera que permiten una grabación conjunta por medio de una cámara de televisión en el sistema de registro de video. Las señales ultrasónicas en cada equipo son procesadas por medio de puertas electrónicas de amplitud y tiempo que permiten la grabación en registradores de papel y registrador magnético de frecuencia modulada. De esta manera se dispone de tres tipos de registros que aseguran la adquisición permanente de la información detectada.

En el conjunto de las pantallas remotas existe una unidad de control y pro-

cesamiento de la información de las coordenadas de los movimientos de los distintos dispositivos de los equipos mecanizados, que se graban en los distintos registradores anteriormente mencionados para interrelacionar las señales ultrasónicas con la posición real de los palpadores. Con esta información conjunta se realiza el dimensionamiento, localización, caracterización y evaluación final de las indicaciones en cada área inspeccionada.

El sistema de adquisición de datos es compatible para trabajar tanto con el equipo mecanizado de inspección de vasijas tipo PWR, como con el de vasijas tipo BWR.

PREPARACION, EJECUCION E INFORME DE RESULTADOS DE UNA INSPECCION MECANIZADA DE VASIJAS

Preparación

La preparación de una inspección mecanizada involucra una serie de actividades muy diferenciadas entre sí, y que en líneas generales podemos describir de la siguiente forma:

- Calibración electrónica de los equipos y comprobación de funcionamiento.
- Mantenimiento de los dispositivos mecanizados de inspección.
- Selección de los palpadores de ultrasonidos para cada área a inspeccionar, su homologación y certificación.
- Determinación de las curvas amplitud-distancia (CAD) para cada bloque de calibración.

F VII

*** CALCULEX-RI ***

- DATOS DE ENTRADA -

IDENTIFICACION: PLACA 9 - PISC II - TECNATON - PM-81/1"DIAM/200 - ENECO 82

POSICION PALPADOR: 4 RADIO INT. TOBERA: 142. COTA INICIAL PALPADOR: 258.
ANGULO PALPADOR: 20. ESPESOR DE PARED: 207. PUNTO FINAL EXPLORAC.: 14.
ANGULO INCIDENCIA: 45. RADIO CURV. INNER RADIUS: 64. SOLAPE: 7.

ANGULO DE INCIDENCIA A (DERECHAS/IZQUIERDAS)=(1/2): 2

NOTAS: SE PONDERA EL PROBE UNIT A 0000 EN LA POSICION DE REFERENCIA
SE PONDERA EL PROBE CAR A 00000 EN LA POSICION BAW= 778.0

- PLAN DE EXPLORACION -

PAG. 1

PASADA	DATOS DE OPERACION (CUENTAS)	PROBE UNIT	EJE MOD. A INT. TOR.	ANGULO MODULO	EJE PALP. A INT. TOR.	ANGULO PALP.
1RI	950 0000/3650	92	293.9	9.3	258.0	14.5
2RI	953 3650/0000	91	301.0	9.1	265.0	14.3
3RI	939 0000/3650	90	308.2	9.0	272.0	14.0
4RI	925 3650/0000	89	315.3	8.9	279.0	13.8
5RI	911 0000/3650	87	322.2	8.7	286.0	13.6
6RI	896 3650/0000	85	329.5	8.6	293.0	13.3
7RI	882 0000/3650	84	336.6	8.5	300.0	13.1
8RI	868 3650/0000	83	343.7	8.3	307.0	12.9
9RI	854 0000/3650	82	350.8	8.2	314.0	12.7
10RI	840 3650/0000	80	357.9	8.1	321.0	12.5
11RI	825 0000/3650	79	365.0	8.0	328.0	12.3
12RI	811 3650/0000	78	372.1	7.9	335.0	12.2
13RI	797 0000/3650	77	379.2	7.8	342.0	12.0
14RI	783 3650/0000	76	386.3	7.7	349.0	11.8

F VIII

IS PARAMETER TABLE IN MEMORY?
ENTER H FOR HARDWARE CHECK
S FOR PARAMETER CHECK ONLY
1 3

UNIT - 0 : NOT IN USE
UNIT - 1 : PARAMETERS ACCEPTED
UNIT - 2 : NOT IN USE
UNIT - 3 : PARAMETERS ACCEPTED
UNIT - 4 : PARAMETERS ACCEPTED
UNIT - 5 : NOT IN USE
UNIT - 6 : NOT IN USE
UNIT - 7 : NOT IN USE
UNIT - 8 : NOT IN USE
UNIT - 9 : NOT IN USE

ENTER SCANID AFTER LOADING CASSETTE FOR PLAYBACK:
1 SCAN
SELECT MODE: AUTOMATIC/VERIFY (A/V) A
SELECT DOCUMENTATION: COMPLETE/INITIAL (C/I) I

1 H
SCAN 31:0
31:0 1 START AT 33002 END AT 33500
31:1 3 START AT 33003 END AT 33500
31:2 4 START AT 32502 END AT 32521
32:0 1 START AT 33500 END AT 33000
32:1 3 START AT 33049 END AT 33100
32:2 4 START AT 32520 END AT 32541
33:0 1 START AT 33000 END AT 33500
33:1 3 START AT 33100 END AT 33150
33:2 4 START AT 32541 END AT 32560
34:0 1 START AT 33500 END AT 33000
END OF SCAN

ENTER SCANID AFTER LOADING CASSETTE FOR PLAYBACK

- Estudio del «Data Package» de la vasija del reactor.
- Análisis de las soldaduras y áreas a inspeccionar en función de su geometría, preparación de bordes de soldaduras, cambio de espesores, etc.
- Calificación y certificación del personal involucrado en inspecciones mecanizadas.
- Preparación del documento «Manual de Inspecciones Mecanizadas, (MIM)».

El MIM es el documento donde se describen los planes de exploración para cada soldadura o área a inspeccionar, especificándose los palpadores, bloques de calibración, técnicas de inspección y los planos de cada zona con las coordenadas de los palpadores en cada pasada (siendo cada pasada el movimiento que realiza un determinado palpador a lo largo de la línea central de la soldadura). La distancia entre pasadas consecutivas se denomina solape y es el porcentaje de las dimensiones del cristal del palpador que está fijada en el Código ASME. Cada soldadura es inspeccionada de manera perpendicular a sí misma, desde ambos lados y de manera paralela a ella, en ambos sentidos. Por tanto, hay cuatro tipos de exámenes para cada soldadura. El número total de pasadas de cada examen queda determinado por el volumen de soldadura y material base a inspeccionar que se especifica en el Código ASME. Un ejemplo del número total de pasadas, tipos de exámenes y volúmenes a cubrir se puede observar en la figura 5.

Una soldadura típica de pared de vasija tiene entre 100 y 120 pasadas en total. Cada pasada se realiza fijando un movimiento y variando otro y, por tanto, se deben especificar las coordenadas de movimientos del sistema mecanizado para cada una de ellas, de tal manera que el operador pueda realizar desde la consola de control del equipo mecanizado, las operaciones correspondientes. En el documento MIM se especifican,

mediante tablas, las coordenadas de cada pasada, para cada examen de cada soldadura o área. Este conjunto de pasadas llega hasta 3.000 en el caso de vasijas tipo PWR y hasta 8.000 en el caso de vasijas tipo BWR, donde se incluye tanto las soldaduras de pared, como las de toberas y tuberías y áreas de radio interior, etc.

Por otro lado, para la inspección de determinadas áreas, como son los radios interiores de las toberas en vasijas tipo BWR, para obtener una incidencia del haz ultrasónico sobre la pared interna de las toberas que sea favorable para la detección de los defectos típicos de estas áreas, es necesario obtener una orientación adecuada de los palpadores en la pared externa, que es función, entre otras variables, de la distancia del palpador al centro de la tobera. En este caso es posible la utilización de programas de informática para el cálculo geométrico y para el listado de las coordenadas de movimientos de las distintas unidades del equipo mecanizado.

Ejecución

Durante la ejecución de una inspección mecanizada se realizan las exploraciones descritas en el MIM y se procede al registro de datos obtenidos en cada área o soldadura inspeccionada. Los equipos mecanizados de vasijas, al ser sistemas controlados electrónicamente, permiten el control de sus movimientos por medio de microordenadores conectados a interfases apropiadas, siendo de esta manera posible por medio de un programa específico, realizar movimientos de cada pasada.

Así, en el caso del sistema de inspección de vasijas tipo BWR, donde los dispositivos tienen que desplazarse en zonas en las que existe un cierto número de interferencias a esos movimientos, como son las múltiples toberas, es importante mantener un nivel de seguridad del equipo muy alto, así como disminuir el tiempo que llevaría a un operador sal-

var cada una de esas interferencias en las exploraciones de las soldaduras o áreas involucradas.

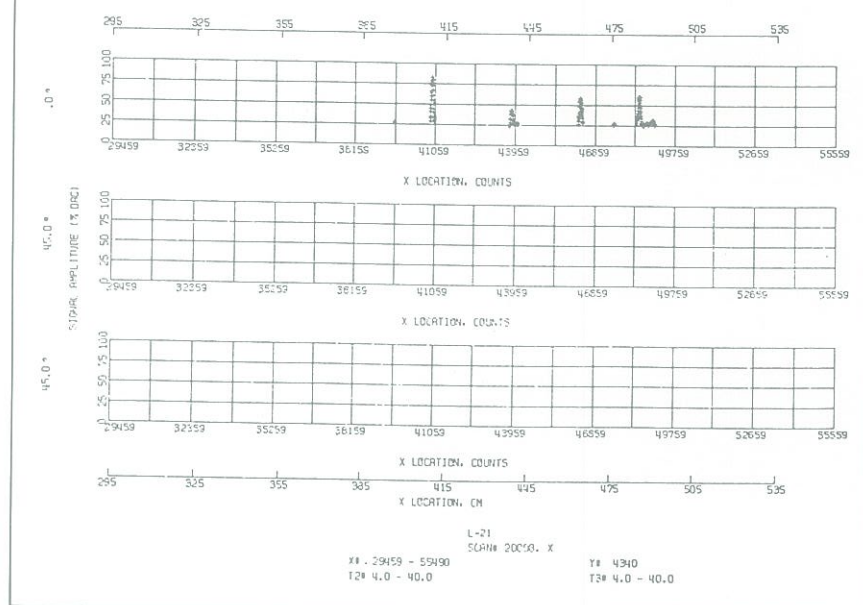
Para ello, el equipo de inspección de vasijas tipo BWR posee un microprocesador, en cuyo programa se introducen los datos de los comienzos y finales de cada examen, teniendo en cuenta, a partir de los planos de construcción de la vasija, las cotas tanto para cubrir los volúmenes requeridos como de aquellas interferencias al movimiento de los distintos dispositivos del equipo. Estos datos se introducen durante la preparación de la inspección y ellos figuran en el MIM correspondiente. Debe mencionarse que estos datos obtenidos de planos son previamente controlados, durante una prueba dimensional de la vasija llamada «Prueba en Seco».

De esta manera, durante la ejecución de la inspección, el operador de la consola de control del equipo mecanizado puede trabajar en forma automática, recurriendo a dicho microprocesador, o en forma manual, para aquellos casos en que se detecten indicaciones y se proceda a la obtención de los datos para su correcta identificación y evaluación.

Evaluación

La información obtenida en cada una de estas pasadas es evaluada y los datos se registran en formatos específicos donde se caracterizan, en el caso de que existan, las indicaciones observadas.

En el formato de «Registro de indicaciones» se registra si la indicación es del tipo geométrico, del tipo no reportable o del tipo reportable. En estos dos últimos casos, a su vez, se deben calcular las amplitudes de las señales, en porcentaje de las CAD, profundidad de la indicación, su distancia a la línea central de soldadura, su coordenada respecto a las de referencia, posición del palpador, etc., anotándose esta información para el palpador que ha detectado la indicación. En el caso de no haberse registrado ninguna indicación en la pasada se



registra en el apartado de «no indicaciones». En determinadas circunstancias pueden observarse señales que no correspondan a ninguno de los tipos antes mencionados, como son reflexiones parásitas, interferencias eléctricas, etc. que son registradas en el apartado de «otras».

Teniendo en cuenta el número total de pasadas ya mencionado y que el número de palpadores empleados en cada pasada es, como máximo, de cuatro, se obtiene un número muy elevado de registro de indicaciones, siendo el número de formatos de «Registro de indicaciones» del orden de 600 para vasijas tipo PWR y de 3.000 para las de tipo BWR. Tanto los cálculos asociados a la evaluación de las indicaciones como el registro mismo en los formatos son tareas que consumen mucho tiempo y esfuerzo del personal involucrado en la evaluación de indicaciones.

APLICACION INFORMATICA

De acuerdo con lo descrito anteriormente, puede observarse que existen una serie de actividades en la preparación, ejecución y evaluación de indicaciones en inspecciones mecanizadas de vasijas que pueden ser sometidos a un tratamiento de datos del tipo informático.

La descripción de los distintos programas existentes, en estos momentos, en inspecciones mecanizadas se hará siguiendo el mismo orden en que han sido ya presentadas sus potenciales aplicaciones.

Preparación

Tanto las vasijas tipo PWR como las BWR presentan dos partes claramente separables según su geometría: el cuerpo propio de la vasija por un lado y las toberas y tuberías por otro.

De acuerdo a este criterio, se han desarrollado dos programas informáticos

que resuelven, respectivamente, ambas partes y que son respectivamente el «VIROLEX» y el «TOBEREX».

El objetivo de estos programas es el calcular, de acuerdo con los criterios de volúmenes a inspeccionar fijados en el Código ASME, el número total de pasadas para cada tipo de exámenes (dos perpendiculares y dos paralelos). Conociendo el número total de pasadas y el solape entre cada una de ellas, así como la coordenada de la línea central de soldadura (con la cual coincide siempre una pasada de cada tipo de examen), es posible calcular la distancia a la línea central de la soldadura de cada pasada, la cual es una de las coordenadas del movimiento del equipo mecanizado, la otra coordenada es la móvil y es tal, que debe cubrir toda la longitud de la soldadura. Este valor será de rotación para el caso de soldaduras circunferenciales y de elevación para el caso de soldaduras longitudinales.

El programa lista, una vez calculadas las coordenadas de las pasadas, el conjunto de la información referente a cada examen. Un ejemplo de este tipo de listados puede verse en la figura 6. En él se observa primero el orden de la pasada en cada examen, luego las coordenadas de movimiento y el número consecutivo de las pasadas (que se numeran desde la primera hasta la última de la inspección completa). Luego pueden observarse las columnas que corresponden a los sistemas de registro empleados: registrador de papel, registrador magnético y registrador de vídeo; en ellos se ponen los datos de cuentas de las cintas, así como el número de la cinta en que se está grabando cada pasada. Finalmente, existe un apartado referido a hoja de evaluación —si existiera algún tipo de indicación reportable— y un apartado de observaciones.

Estos listados son usados simultáneamente por el operador de la consola de control, así como por el operador que

controla los sistemas de registro. Asimismo se ha incluido, en la cabecera de los mismos, la descripción de los palpadores de ultrasonidos que se utilizan en ese examen, así como los cables de conexión a cada uno de ellos, los equipos de ultrasonidos y los canales del registrador de papel. También se incluye una relación de palpadores y cables de reserva por si los originales fallasen.

Toda esta información se conoce durante la preparación de la inspección, ya que son parte de las actividades enunciadas en el punto «preparación».

Como ya se ha mencionado anteriormente, en la inspección del radio interior de las toberas de vasijas tipo BWR, que se realiza desde el exterior, es necesario obtener una orientación específica de los palpadores hacia esa área. Por tanto, se ha desarrollado un programa llamado «CALCULEX-RI» que en función del volumen a inspeccionar fijado por el código, de los palpadores a emplear, del ángulo de incidencia del haz en la superficie del radio interior y de la distancia del palpador al eje interior de la tobera, permite calcular el ángulo del palpador en la superficie de exploración, con respecto a una dirección radial y, en función de la geometría del módulo portapalpadores, el ángulo de dicho módulo que será controlado desde la consola de operación del equipo mecanizado.

El programa entonces permite listar las pasadas de esta exploración con sus coordenadas de movimientos, así como los datos referentes a los ángulos del módulo y del palpador y la posición de éstos con respecto al eje interior de la tobera. Permitiendo, a su vez, un control sobre las coordenadas de movimiento del equipo, por un lado, y por el otro, conocer, exactamente, el ángulo del palpador durante la exploración, información fundamental para la posterior localización y dimensionamiento de las indicaciones.

Este listado también permite imprimir, previamente, las características del palpador utilizado, así como los datos geométricos de la tobera y los datos de la exploración misma. Un ejemplo del listado puede verse en la figura 7.

La posibilidad de controlar los movimientos de coordenadas, de las unidades del equipo mecanizado de inspección de vasijas tipo BWR, a través de un microprocesador, con sus respectivas interfaces, permite fijar todos los valores referentes a una determinada exploración, de forma previa a la inspección propiamente dicha. Estos parámetros del equipo y de los exámenes pueden ser grabados en las cassettes del terminal del microprocesador y así, más tarde, ejecutar dicho programa durante la inspección de la vasija.

Ante la posibilidad de variar cualquiera de las cuatro unidades de movimientos del sistema, es necesario definir previamente con cuáles se realizará cada examen. Una vez definidas estas unidades se introducen los parámetros relativos al

UNIVERSAL TECHNICAL PROFILES ANJ 1983 PROJECTING UT-BOL
S/L DATA: L-11 C/5 I/P: LONGITUDINAL
DESCRIPTION: SIMILAR EN VIDA SUPERIOR
EXAMIN A ESPESOR (UT) 16.25 MM. AVALIAÇÃO POR LGT-III NIV

ANGULO PALPAJRES	0	45	4544	70
HUJA CALIBACIION	1157121	1167122	1177000	1187000
WAN EXPLORACION	12	6	-6	18

RELACION DE INCIDENCIAS

[illegible]

DETALLE POR PASADAS

[illegible]

NUCLEAR ESPAÑA, 1983, Mayo 37