



Juan Miguel ANEIRO LOPEZ es licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad Autónoma de Madrid y diplomado en Ingeniería Nuclear por el IEN. Ingresó en Empresarios Agrupados en 1981, donde ha desarrollado su actividad profesional, asignado al Departamento de Seguridad (Sección de Protección Radiológica). Desde 1983 su actividad se centra en la Protección Radiológica operativa en centrales nucleares.



Fernando FERNANDEZ IGLESIAS es ingeniero del ICAI. Ingresó en Empresarios Agrupados en 1980, donde ha desarrollado toda su actividad profesional, fundamentalmente en las áreas de Análisis de Componentes y de Equipos Mecánicos de diversas centrales nucleares. En la actualidad es jefe de la sección de Tecnología Mecánica, trabajando en el desarrollo de equipos y sistemas de apoyo a mantenimiento y explotación.

REDUCCION DE DOSIS EN GENERADORES DE VAPOR.

NUEVO DISEÑO DE CIERRES DEL PRIMARIO

J. M. ANEIRO LOPEZ - F. FERNANDEZ IGLESIAS

INTRODUCCION

Los trabajos que se realizan en los generadores de vapor de las centrales nucleares de agua a presión (PWR) durante las paradas para recarga se llevan a cabo en paralelo con el movimiento de combustible, por lo que es necesario aislar las cajas de agua del resto del circuito primario si se quiere trabajar en ellas al mismo tiempo.

Este aislamiento se realiza mediante la instalación de dispositivos de obturación en la zona de tubería del circuito primario próxima a los generadores de vapor. Con ello se consigue una reducción de la duración de la parada, aunque conlleva la realización de actividades en zona de radiación elevada, actividades que provocan un estrés psicológico evidente sobre los trabajadores.

Por todo esto, el desarrollo y puesta en práctica de un sistema de obturación fácilmente manejable, que reduzca el tiempo de permanencia en las cajas de agua y el número de operarios que realizan estas tareas, y fiable, que evite la repetición de entradas por fallos en el dispositivo, se convierte en uno de los hitos más importantes para la mejora de los trabajos en los generadores de vapor.

CONDICIONES DE CONTORNO RADIOLOGICAS

En la figura IV se representa la evolución de la dosis colectiva total en recarga, dosis colectiva en generadores de vapor (1), dosis en la instalación de sis-

temas de obturación del circuito primario y tasa de dosis media (en m Sv/h) en el centro de las cajas de agua en la Unidad I de CN Almaraz en función de las paradas realizadas para recarga hasta la fecha.

A la vista de los resultados que aparecen en la figura IV, se comprueba la importancia de la dosis asociada a las operaciones de instalación y desmontaje de los sistemas de obturación, siendo ésta del 25 % al 40 % de la dosis colectiva recibida en los trabajos habituales en los generadores de vapor (2).

- Esta dosis colectiva no contempla las operaciones no habituales en los generadores de vapor, por ejemplo: microgranallado de tubos, tratamiento térmico de tubos, etc.
- Las dosis en generadores de vapor y por instalación de cierres durante la segunda recarga no pueden considerarse representativas por no haberse instalado sistemas de cierre completo. Los trabajos en cajas de agua y el movimiento de combustible se hicieron en serie.

La primera conclusión es clara: "cualquier reducción de las dosis recibidas en las operaciones de cierre, redundará notablemente en beneficio de la dosis colectiva total en generadores de vapor, y resulta atractiva desde múltiples puntos de vista la adopción de medidas tendientes a esta reducción". Para ello existen tres líneas de actuación importantes:

- Diseño de equipos que permitan una instalación más rápida.

- Optimización del entrenamiento del personal.
- Descontaminación de las cajas de agua y mejora del control químico del primario.

CONDICIONANTES PARA NUEVOS DISEÑOS

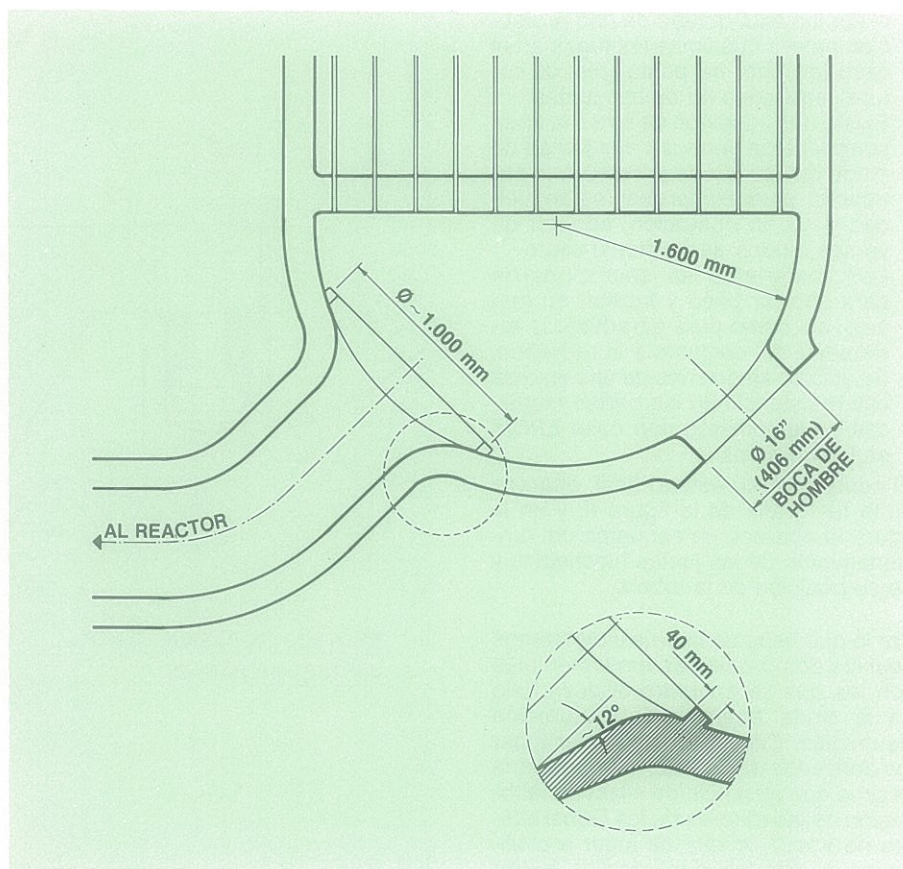
Independientemente de las dos últimas actuaciones indicadas anteriormente, que en ningún caso deben obviarse sea cual sea el equipo utilizado, para plantear el diseño de nuevos equipos de cierre del primario desde los generadores de vapor debe atenderse a los siguientes condicionantes:

- Tamaño de piezas que permita la introducción por las bocas de hombre y que facilite su manejo.
- Peso de cada conjunto a manejar por el operario menor de 20 kg.
- Garantías de fiabilidad del montaje, lo que implica operaciones muy simples y sin posibilidad de error. Esto excluye instalaciones que tengan posiciones equivocadas o que requieran ajustes o pares de apriete precisos.
- Sistemas de fijación que no produzcan daños en los alojamientos requiriendo futuras reparaciones (por ejemplo: aprietes con pistola que sistemáticamente terminan por deteriorar las roscas y exigir mecanizados).
- Garantías de estanqueidad del conjunto mediante sistemas que permitan conocer su estado aun antes de subir el nivel de agua en la cavidad y existencia de redundancias en elementos activos.
- Instalación de los equipos, con el entrenamiento adecuado, en tiempos cortos, de modo que se pueda reducir la dosis y el número de personas involucradas.
- Utilización, cuando sea posible, de las partes fijas ya existentes en algunas centrales (bridas) o en todo caso limitando la necesidad de realizar modificaciones o trabajos adicionales en las cajas de agua. Asimismo, el equipo debe absorber las desviaciones constructivas existentes.

En la figura I aparece un esquema del entorno físico en que debe ser realizada la instalación.

BRIDA MODULAR DE OBTURACION NEUMATICA

En base a los condicionantes indicados en el punto anterior, y haciendo uso de la experiencia adquirida en instalaciones de otros sistemas de cierre (especialmente globos y "nozzle-dam" tradicionales), Empresarios Agrupados



F I Esquema de disposición de cajas de agua

puso en marcha un proyecto para desarrollar, probar y ajustar un sistema de cierre de las toberas del primario. El equipo se sustanció finalmente en la denominada Brida Modular de Obturación Neumática, cuyo diseño cumple con todos los requisitos que se fijaban mediante las siguientes soluciones especiales:

- Desacoplamiento físico de las funciones de estanqueidad y de soporte de la carga hidrostática permitiendo tratar ambos problemas por separado con condicionantes mutuos.
- Sistemas de fijación mediante pernos de bayoneta que no requieren par de apriete y son de instalación rápida.
- Adopción de sistemas de juntas hinchables con superficie especialmente diseñada para adaptarse a las irregularidades superficiales y capaces, en el hinchado, de absorber las ovalidades, excentricidades y otros defectos de construcción de las toberas.
- Las juntas hinchables son dobles y todo el sistema de control neumático es redundante y las independiza de modo que se puede garantizar la estanqueidad del conjunto con una sola junta operable. Adicionalmente,

F II Brida Modular de Obturación Neumática. Instalación en maqueta 1:1 de generador de vapor

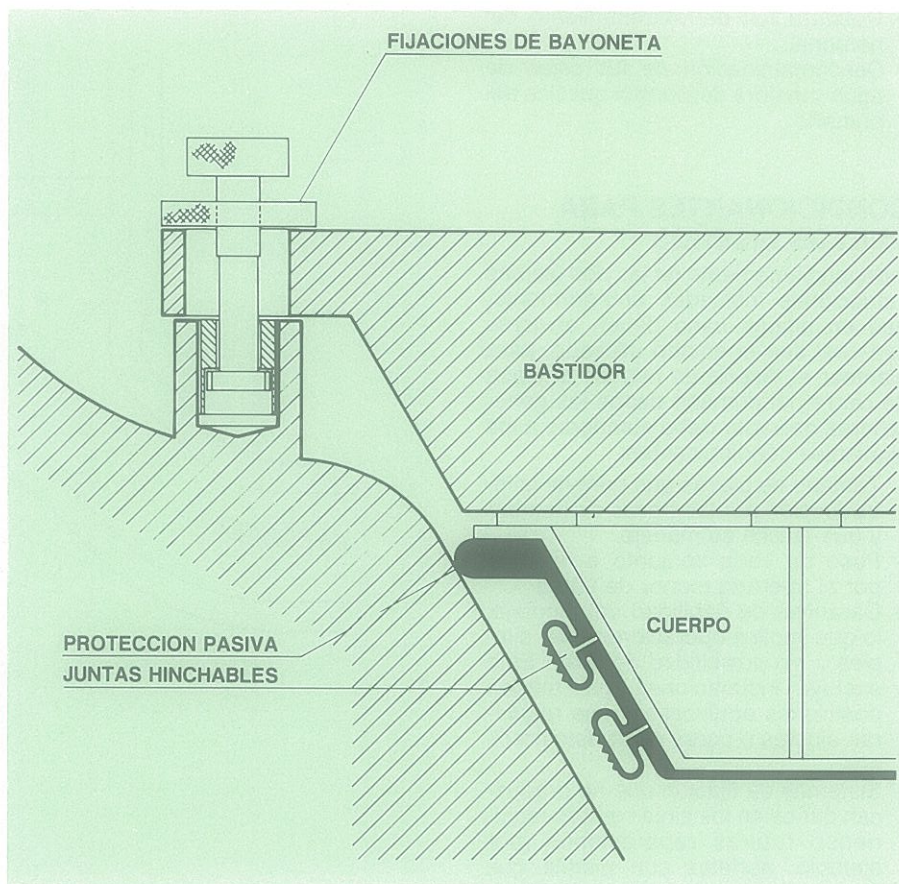


el equipo está dotado de una protección pasiva que limita las fugas en el caso (en rigor no postulable) de rotura simultánea de ambas juntas.

- Existe una conexión de aire a la zona comprendida entre las dos juntas de modo que se puede presurizar la entrejunta para comprobar estanqueidad y, ya en operación, adoptar diversos modos de funcionamiento.
- Los materiales se seleccionaron para ahorrar peso y facilitar su manejo, así como para garantizar la resistencia del conjunto a la radiación. Se utilizan aleaciones de aluminio de alta resistencia en las partes metálicas y elastómeros con base EPDM en las de goma.

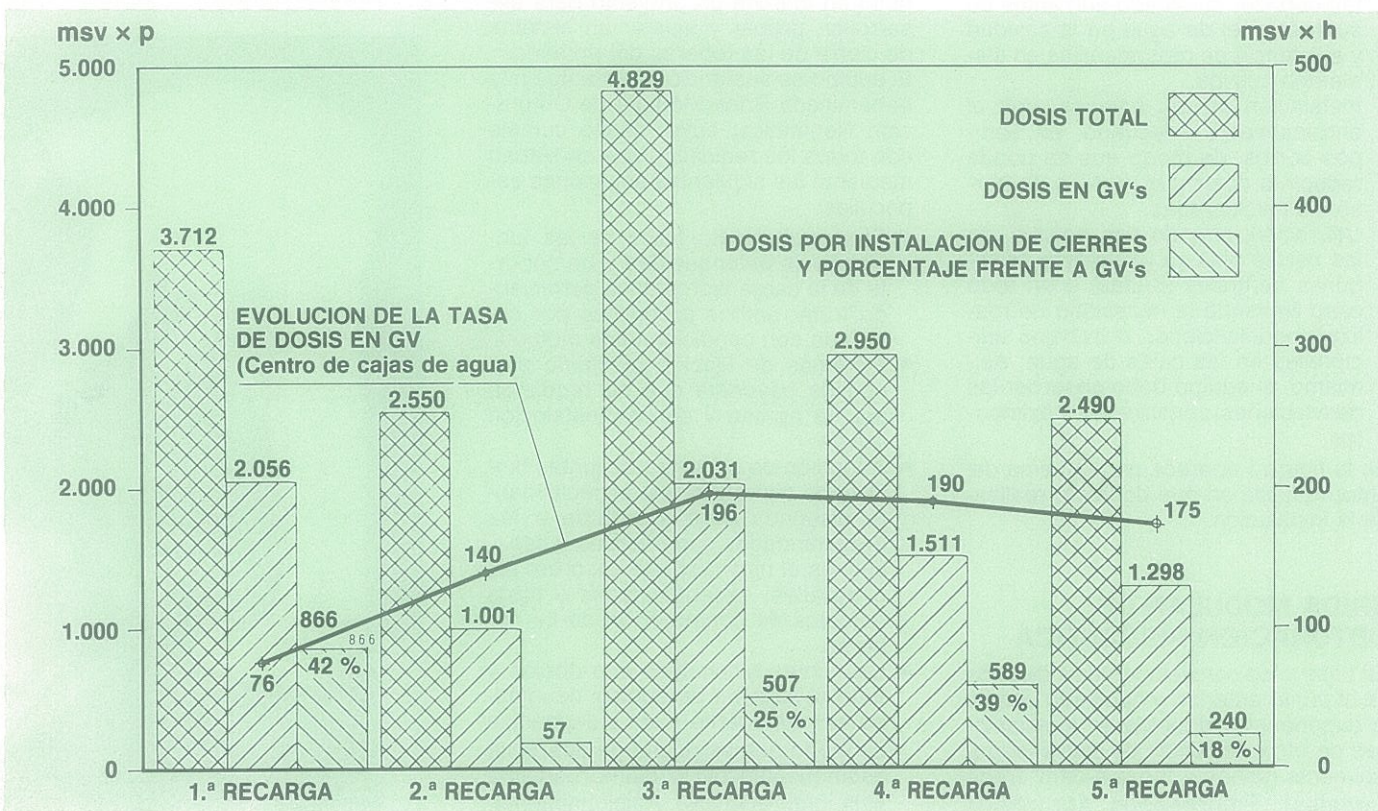
El equipo, en su estado final, aparece en la fotografía de la figura II, y en la figura III aparece un esquema del funcionamiento de las juntas hinchables y de su posición en la tobera.

Por lo que tiene de interés indicaremos aquí los dos problemas fundamentales con los que se encontró el desarrollo de la Brida Modular de Obturación Neumática. Citaremos en primer lugar los derivados de las tolerancias (podría decirse que ausencia de ellas) de fabricación de las toberas de los Generadores de Vapor, lo que da lugar a ovalidades y estados superficiales extremos que obligan al equipo a trabajar en condiciones de máxima dificultad.



F III Croquis de interfase BMON/Tobera y brida existente

F IV Evolución de las tasas de dosis y dosis colectivas en CN Almaraz I



T I
Análisis comparativo 4.^a/5.^a Recarga CNA I

Número de operarios
Número de entradas en cajas de agua
Tiempo en * cajas de agua
Dosis total (msv)

Montaje		Desmontaje		Total		Diferencia 5. ^a /4. ^a
4. ^a	5. ^a	4. ^a	5. ^a	4. ^a	5. ^a	%
26	18	17	10	43	28	35
50	27	30	11	80	38	52
110'33"	58'48"	39'47"	30'35"	150'20"	89'23"	40
385.6	157.3	123.5	82.2	509.1	239.5	53

* Incluye el tiempo de instalación de tapones de drenajes, iluminación de cajas, supervisión, etc.

Baste decir que se han detectado ovalidades con diferencias de diámetro de hasta 1" en la misma tobera unidas a recargues de soldadura sin ninguna atención al acabado superficial. Todo ello se ha solucionado, en el caso de CN Almaraz, con la obtención por fotogrametría de una documentación "as built" completa y la comprobación de que la situación real entraba en los márgenes de adaptabilidad del equipo. Un segundo problema encontrado fue el de la inexistencia, en el momento inicial, en España de una tecnología de fabricación capaz de producir las partes de goma con la geometría requerida, las deformaciones al hinchado necesarias y la fiabilidad exigible a piezas de esta responsabilidad. Todo esto, unido a las peculiaridades del material seleccionado —idóneo para resistir la radiación pero delicado en su comportamiento mecánico— y a los procesos de fabricación necesarios, hizo imprescindible probar con gran cantidad de geometrías y tipos de construcción antes de adoptar una que diera la fiabilidad requerida al conjunto.

RESULTADOS RADIOLOGICOS OBTENIDOS CON LA BMON

Finalmente, tras dos años desde el planteamiento del problema hasta disponer de unos equipos en condiciones de ser utilizados al 100 %, en la quinta

parada para recarga de la unidad I de CN Almaraz se instalaron seis Bridas Modulares de Obturación Neumática que operaron a plena satisfacción (total estanqueidad) durante toda la recarga. Previamente, se habían realizado pruebas exhaustivas en taller, en maqueta de cajas de agua e instalaciones parciales en generadores de vapor durante recarga y en condiciones reales. En la figura IV se representan las condiciones radiológicas existentes durante la instalación de las Bridas Modulares y los resultados obtenidos frente a los de anteriores paradas para recarga.

Debe hacerse notar que la importancia de la dosis asociada a las operaciones de cierre del primario respecto a la dosis colectiva para los trabajos en generadores de vapor, aumenta a medida que se automatizan y/o robotizan otras operaciones, por ejemplo: inspección de tubos por corrientes inducidas, apertura y cierre de tapas de boca de hombre, etc. Este fenómeno es observable si se comparan los resultados obtenidos en la tercera y cuarta recargas.

En la tabla I se presentan otros resultados de interés que ponen de manifiesto las ventajas de este nuevo diseño frente a los tradicionales sistemas de cierre (la comparación se realiza sólo con la cuarta recarga al ser ésta la más representativa debido a los múltiples avances tecnológicos utilizados

en los trabajos en los generadores de vapor).

CONCLUSIONES

A la vista de lo expuesto, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- La dosis colectiva asociada a las operaciones de cierre de toberas del primario se puede reducir notablemente con el uso de la Brida Modular de Obturación Neumática y, por extensión, los costes asociados a la operación (número de operarios, tiempo de entrenamiento, etc.).
- La importancia radiológica del cierre aumenta a medida que se automatizan y/o robotizan otras operaciones en los generadores de vapor.
- El nuevo diseño de obturación neumática presenta ventajas desde el punto de vista de operación, puesto que no requiere bajadas de nivel del primario por debajo del eje de toberas (ausencia de problemas de cavitación en bombas de evacuación de calor residual).

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a la CN Almaraz, tanto por su colaboración y apoyo para el desarrollo de estos equipos, como por su autorización para incluir en este artículo datos internos de dosis colectivas.