

La gestión de las diferentes actividades en válvulas durante las paradas. Hacia el Servicio Integral de Válvulas

José María Laporta

Los diferentes servicios que sobre las válvulas se realizan en las paradas para recarga de combustible en una central nuclear representan en su conjunto una de las actividades que, aglutinando un elevado número de recursos de diversas especialidades, mayor interacción presenta con el resto de actividades de parada.

Participan en estas actividades equipos de diferentes especialidades, fundamentalmente de pruebas, diagnosis y mantenimiento que intervienen consecutivamente sobre los mismos componentes en una secuencia de procesos íntimamente ligados y en la que se pueden compartir recursos comunes.

En estas circunstancias la coordinación entre los diferentes equipos de intervención y la gestión de órdenes de trabajo y descargos, en estrecha colaboración con Sala de Control, es fundamental para la ejecución de los trabajos en la secuencia adecuada, evitando tiempos muertos y optimizando el camino crítico.

La integración de estos procesos y de los recursos involucrados permite acometer los servicios de manera global, formando equipos multidisciplinares que optimizan recursos, fundamentalmente recursos de coordinación y recursos auxiliares polivalentes, manteniendo en todo caso el grado de especialización necesario y adecuado a las diferentes tareas que conforman el *servicio integral de válvulas*.

The different services carried out on valves during nuclear power plants refuelling outages represent overall one of the activities most interfacing with other refuelling tasks because of the large multidisciplinary teams that participate.

Different specialized teams are involved on these activities, mainly on testing, diagnostics and maintenance tasks, performed over the same components, in a sequence of processes closely related with common resources.

Under such circumstances, coordination between the different teams intervening and the management of administrative documents and activities in close collaboration with the Control Room is fundamental to ensure that the work is performed in the right sequence avoiding downtimes and optimising the critical path.

The integration of these processes and the resources involved allow us to undertake the services globally, forming multidisciplinary teams that optimise resources –fundamentally coordination resources and multi-purpose auxiliary resources– maintaining in all cases the necessary degree of specialisation in keeping with the different tasks making up the *Valves Integrated Service*.

Es ya lugar común la argumentación de la necesidad de optimización de costes a la hora de tratar sobre la rentabilidad de cualquiera que sea la actividad económica de la que se hable. Parece que mensajes tan manidos pierden valor en la misma medida de su recurrencia, aunque no les falte verdad. Pues bien, aun a riesgo de abundar en esta afirmación, en el presente artículo se ponen de manifiesto las ventajas que la integración de servicios en válvulas presenta en el complejo conjunto de actividades que en tan alto número y tan corto espacio de tiempo se realizan en las pa-

radas para recarga de nuestras centrales nucleares.

Los costes de mantenimiento, inspecciones y pruebas representan un importante componente del total de los costes de generación de las plantas nucleares. Las válvulas en su conjunto constituyen el elemento de mayor implantación en ellas, aproximadamente 20.000 válvulas dependiendo del tipo y modelo de la planta. Aunque los programas de actuación sobre ellas son muy diferentes según su categoría y clasificación, la diversidad de intervenciones y el tamaño de la población hacen que el total

de actuaciones u órdenes de trabajo con ellas relacionado sea de una magnitud muy importante en el conjunto de actividades de parada.

Los diferentes servicios que sobre las válvulas se realizan en las paradas para recarga de combustible en una central nuclear representan en su conjunto una de las actividades que, aglutinando un elevado número de recursos de diversas especialidades, mayor interacción presenta con el resto de actividades de parada.

Esto es así por el elevado número de componentes sobre los que se actúa, y



Figura 1. Equipo de medida de fugas neumático para pruebas de válvulas y penetraciones de Contención..

por el hecho de que las propias válvulas son los elementos de frontera que delimitan los descargos necesarios para ésta y para el resto de actividades que afectan a los diferentes sistemas de la planta.

La secuencia de intervenciones sobre válvulas puede representar, en el caso más exhaustivo, hasta un total de siete operaciones: prueba funcional de accionamiento, prueba de fugas inicial, inspección visual de análisis de fallo, diagnóstico inicial, mantenimiento preventivo o correctivo, de una o de varias especialidades (mecánico, eléctrico, instrumentación), diagnóstico final, y prueba de fugas final.

La diversidad de operaciones y de equipos concurrentes contribuyen a la complejidad del soporte administrativo asociado: órdenes de trabajo, descargos, etc.; se suman a ellas las intervenciones accesorias necesarias para tales operaciones: andamiajes, descalorifugados, etc. La interacción con Operación es importante, en muchos de los casos se requieren accionamientos desde Sala de Control, drenados y llenados de líneas o sistemas. Por otra parte la distribución temporal de las intervenciones es irregular y en no pocas ocasiones a lo largo de la parada estas intervenciones constituyen su camino crítico.

En estas circunstancias la coordinación entre los diferentes equipos de intervención y la gestión de órdenes de trabajo y descargos, en estrecha colaboración con Sala de Control, es fundamental para la ejecución de los trabajos en la secuencia adecuada, evitando tiempos muertos y optimizando el camino crítico.

Las pruebas de fugas locales de las válvulas de aislamiento de contención

se realizan por requisito de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento y según el Ap. J de 10 CFR 50 y ANSI/ANS 56.8. Estas pruebas se realizan sometiendo las válvulas de aislamiento a una presión de aire igual a la presión de accidente LOCA, para lo cual se requiere el drenado de las líneas y partes de los sistemas que forman el volumen de prueba. Es ésta una actividad que tiene una fuerte interacción con el resto de actividades de parada por la necesidad de adaptación a la disponibilidad de sistemas y trenes, descargos necesarios, etc., y que por tal motivo se extiende desde días antes del comienzo de la propia parada hasta el arranque, fase en la que se realizan las últimas pruebas. Supone por tanto un importante volumen de recursos disponibles durante toda la parada y cubriendo en turnos las 24 horas del día durante buena parte de ella.

Las pruebas funcionales se realizan, dando cumplimiento a ETF's y código ASME, para verificar el estado operativo de las válvulas mediante el accionamiento, verificación de posición y medida de tiempos de actuación en el caso de válvulas operadas por actuador, y estableciendo en el sistema las condiciones de presión y caudal necesarias para la apertura y cierre en el caso de las válvulas de retención, bien sea por la operación del propio sistema o con el empleo de equipos externos. Estas pruebas funcionales que se realizan con diferente frecuencia y en distintos modos de operación según la viabilidad de cada caso, se llevan a cabo, cuando en parada, en coordinación con las pruebas de fugas y en buena medida por el mismo equipo de ejecución.

Para verificar el accionamiento total o parcial de las válvulas de retención, así como para identificar posibles estados de degradación, disfunción o deterioro, se realizan también diagnósticos de estas válvulas por métodos no intrusivos que permiten comprobar su correcta capacidad funcional.

La verificación periódica de la capacidad base de diseño de las válvulas motorizadas relacionadas con la seguridad, por requerimiento de la carta genérica GL 96-05 de la NRC, supone la realización de diferentes actuaciones sobre estas válvulas accionadas mediante motor eléctrico: calibración del limitador de par, calibración del paquete de arandelas, ensayo en banco del actuador, diagnóstico estática o dinámica in situ. Supone también una actividad que mueve una considerable cantidad de recursos de personal y que concentra en un reducido periodo de tiempo un buen número de intervenciones que se constituyen en camino crítico de la parada.

El mantenimiento preventivo periódico, el correctivo programado, el no planificado y sobrevenido en la parada a consecuencia de los resultados de pruebas y diagnósticos; las inspecciones necesarias para la determinación de las causas de fallo de las pruebas, y otro sinnúmero de intervenciones accesorias, se suman a la larga secuencia de intervenciones que sobre las válvulas se llegan a concatenar con la correspondiente gestión de recursos, descargos, órdenes de trabajo, permisos, etc.

Sostienen algunos autores que el margen de mejora en un conjunto de



Figura 2. Sistema de diagnóstico de válvulas de retención. Pruebas en laboratorio.

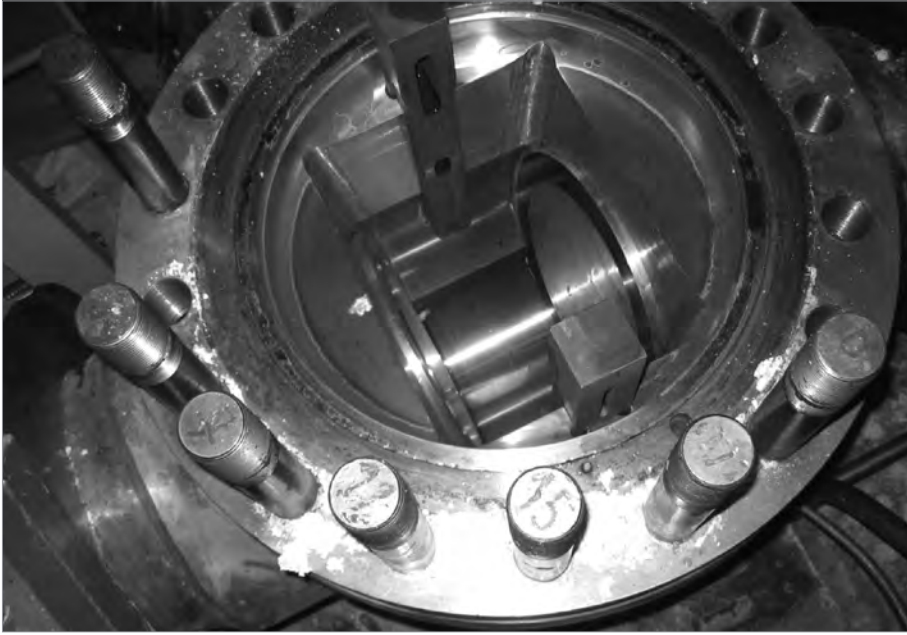


Figura 3. Interior del cuerpo de una válvula de compuerta. Inspección de internos.

procesos relacionados que se dan simultánea o consecuentemente está en proporción directa con su número, su complejidad y su grado de interrelación. Esto tiene que ver con el número de subprocesos en que cada uno puede dividirse, con las acciones que redundantemente se repiten en cada proceso y que podrían obviarse, y con el aprovechamiento de factores comunes a los distintos procesos. De una manera más intuitiva, tiene que ver con la amplitud del campo de visión o con la óptica global sobre los procesos. Pues bien, sin ahondar demasiado en estos temas algo nos dice que en el caso que nos ocupa tenemos un buen ejemplo de oportunidad de mejora.

Debemos analizar pues la manera de optimizar todos estos procesos. Viendo las distintas posibilidades se adivinan dos vías: mejora de cada proceso individual, y mejora de la interrelación y coordinación entre ellos, es decir, del proceso global en su conjunto.

De la primera, mejora de cada actuación o proceso, trátese de pruebas, diagnóstico o mantenimiento, hay que pensar que se trata de actividades de larga trayectoria de ejecución con experiencias y lecciones aprendidas, y que los modos de optimización, que siempre los habrá, atienden fundamentalmente a la calidad de los recursos empleados, a la buena preparación y planificación de medios, y a factores asociados al buen desempeño individual, autoverificación, etc.

Una de las principales dificultades de la ejecución de estas actividades es la irregularidad de la carga de trabajo, con periodos de alta concentración o puntas

de trabajo en los que los recursos disponibles, dimensionados para la carga media de trabajo, se vuelven escasos. Para minimizar este efecto se han hecho en algunos casos esfuerzos e intentos para llevar algunas de las intervenciones al periodo previo a la parada, con la planta en operación. Los resultados alcanzados

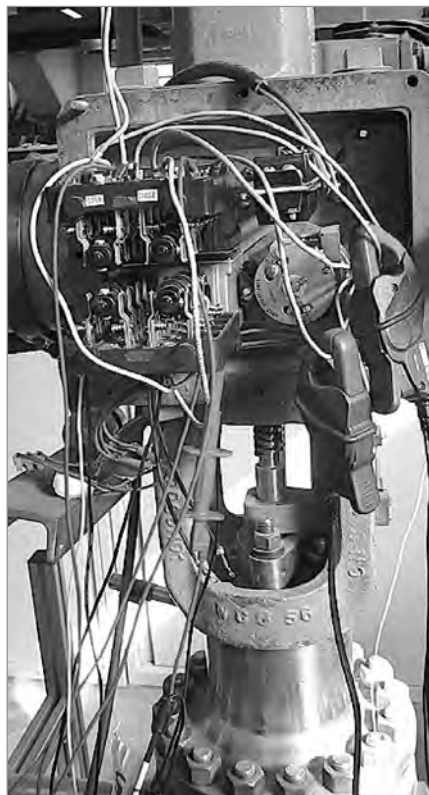


Figura 4. Adquisición in situ de señales eléctricas para diagnóstico de válvulas motorizadas..

han sido más bien escasos, y por diferentes condicionantes, fundamentalmente de operación de la planta, el número de actuaciones de pruebas, diagnóstico o mantenimiento típicas de parada que se ha alcanzado a llevar a cabo en la fase previa es testimonial.

En el caso de las válvulas motorizadas los sistemas de monitorización y diagnóstico on-line abren vías para aligerar la carga de trabajo en parada. Estos sistemas permiten la diagnosis de la válvula por la medida de la potencia eléctrica mediante la adquisición de las señales eléctricas del motor desde el centro de control de motores (CCM). Existen en el mercado diferentes sistemas para la diagnosis desde el CCM basados en este método, según el cual se determina la capacidad operativa de la válvula a partir del análisis de los parámetros eléctricos (tensión, intensidad, potencia activa, ..) y de otras señales de control de la actuación de la válvula, tales como finales de carrera y limitadores de par. En ellos las características mecánicas (par motor, empuje en el vástago) de la válvula se determinan estableciendo una correspondencia entre parámetros mecánicos tomados in situ y parámetros eléctricos en el CCM obtenidos simultáneamente en una diagnosis base de referencia. Una vez establecida la correlación bastará con adquirir las señales eléctricas desde el CCM para obtener los parámetros mecánicos y el diagnóstico de la válvula. Esta correspondencia será válida mientras tanto no se realicen intervenciones de mantenimiento que puedan modificar la correlación entre unos y otros parámetros, siendo necesario en ese caso realizar una nueva diagnosis de referencia para determinar la nueva correspondencia. Con este método se posibilita la diagnosis de las válvulas motorizadas en cualquier modo de operación cuando éstas son accionadas por la propia operación de los sistemas.

Muchas son las ventajas del método, citándose como más obvias:

- reducción de la carga de trabajo en parada.
- disminución de recursos necesarios y por tanto de costes.
- reducción de dosis de radiación al personal
- mayor simplicidad en la instrumentación y el equipamiento necesarios, y en el propio proceso de adquisición de los datos.

La precisión de estos sistemas es, por el contrario, inferior a la de los métodos de diagnóstico in situ en los que se obtienen los parámetros mecánicos mediante sensores de esfuerzos, generalmente galgas extensométricas, instaladas en el vástago o en el puente de

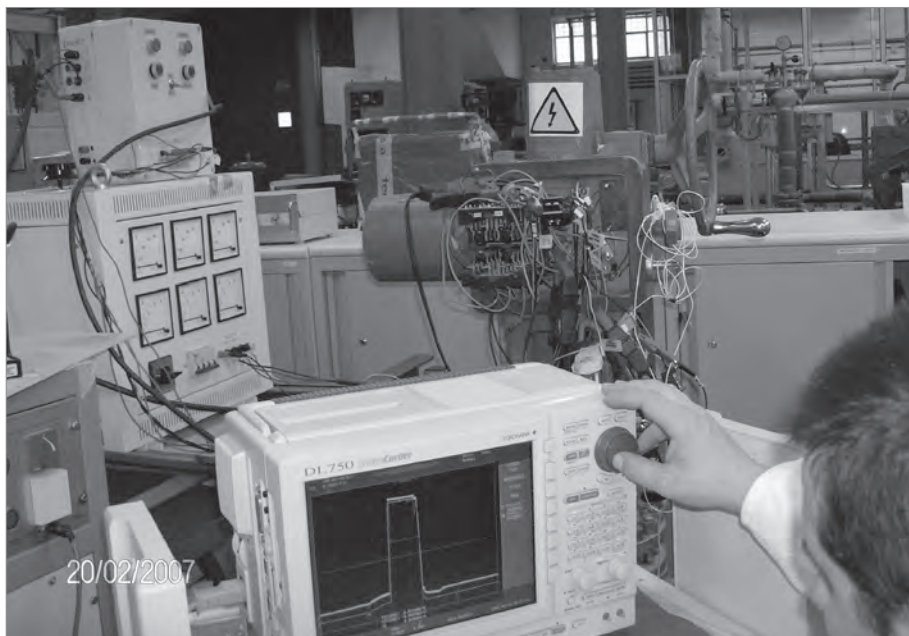


Figura 5. Sistema DIVAMO para la diagnosis on-line de válvulas motorizadas. Pruebas en laboratorio.

la válvula. Por tanto su aplicabilidad dependerá del margen disponible en cada caso (cada válvula), ya que la precisión determina directamente el valor de esfuerzo o par a considerar en la evaluación de resultados. Especial ventaja supone la aplicación de estos sistemas de diagnosis remota en el caso de las válvulas de mariposa, en las que la falta de accesibilidad al eje impiden en la mayor parte de los casos instrumentar la válvula para su diagnosis in situ, haciéndose necesario su desmontaje y traslado a banco para el ensayo.

Un paso más en el camino supone el sistema DIVAMO desarrollado por Tecnatom para la diagnosis remota. Este sistema determina los parámetros mecánicos característicos del comportamiento de la válvula, a partir de las señales eléctricas al igual que los sistemas antes referidos, pero en este caso mediante modelos matemáticos del motor, de la cadena cinemática del actuador y del factor de husillo, sin necesidad de la correlación eléctrico-mecánica de aquéllos. De esta manera el sistema mide el par neto generado por el motor, calcula el par útil a la salida del actuador (que es aplicado al conjunto tuerca de rozamiento-husillo) mediante el modelo del actuador, y a partir de éste calcula la fuerza de empuje en el vástago mediante el factor de husillo. Su ventaja, adicional a las propias de los sistemas de monitorización remota ya indicadas, es que la inferencia señales eléctricas-parámetros mecánicos no se obtiene por correlación en una diagnosis base de referencia sino mediante los modelos de

motor y actuador, de manera que el conjunto motor-actuador se comporta como transductor y posibilita la diagnosis aun después de intervenciones de mantenimiento que en el otro caso invalidaban la correlación.

Estos sistemas, ya se ha dicho, pueden aliviar considerablemente la carga de trabajo en parada. Pero, volviendo a las vías de optimización de la gestión de los trabajos sobre válvulas, las posibilidades de mejora están en la gestión unificada y la coordinación de las diferentes actividades, pruebas, mantenimiento y diagnosis, y de los correspondientes equipos de trabajo.

En cada uno de estos equipos se pueden distinguir tres niveles funcionales: dirección y coordinación de equipos, técnicos especialistas y evaluadores, y personal auxiliar. Una actuación conjunta de todos los equipos de trabajo involucrados hace posible una mejora sustancial en la efectividad de las distintas actividades. La secuencia de intervenciones es tal que en muchas ocasiones la intervención de un equipo de trabajo depende de la finalización de otro de ellos, hay tiempos de espera que pueden evitarse o al menos reducirse. La integración de estos equipos permitirá por una parte la mejor coordinación y concatenación de la secuencia de actividades y la reducción de tiempos, y por otra, la reducción de recursos de personal necesarios. De los tres niveles funcionales antes mencionados es en el primero, dirección y coordinación, y en el tercero, personal auxiliar, en los que se manifiestan mayores posibilidades

de optimización. Tanto en uno como en otro caso estos recursos pueden ser comunes, si no al total de ellas, a buena parte del conjunto de actividades. La planificación, asignación de tareas y recursos a equipos de trabajo y a las diferentes intervenciones, sean de mantenimiento, pruebas o diagnosis, bien y mejor pueden llevarse a cabo desde la misma instancia. Las actividades de apoyo a operadores y técnicos especialistas, de instalación de equipos, conexiones de prueba, y otras labores auxiliares, pueden también ser realizadas por el mismo personal de apoyo para unas y otras actividades.

Son todos éstos argumentos de apariencia evidente pero que por unas u otras razones, probablemente de índole organizativa, no han despertado muchos propósitos. Lo que sí se ha demostrado allí donde ha habido un acercamiento a este modelo es que con mayor interrelación de estos equipos se han conseguido mejores resultados.

La experiencia y el conocimiento adquiridos a lo largo de los años por las organizaciones participantes en estas actividades propician un modelo de actuación que recoja los beneficios y oportunidades de mejora que conlleva su integración: *el Servicio Integral de Válvulas*. Parece que las expectativas merecen el esfuerzo.



José Mª Laporta Pastor es Ingeniero Naval por la Universidad Politécnica de Madrid. Ha desarrollado su actividad profesional en las áreas de Calidad, Mantenimiento y Pruebas en centrales nucleares. En 1988 se incorpora a Tecnatom en la división de Pruebas, centrando su actividad en pruebas de válvulas y pruebas de estanquidad de Recintos de Contención (ILRT), eficiencia térmica, sistemas HVAC, ensayos de Instrumentación y otros. Desde 1996 ocupa el puesto de Jefe de la División de Pruebas de Tecnatom con competencia sobre las áreas de Pruebas de Válvulas, Medidas y Análisis, y Ensayos Eléctricos.