

METODOLOGÍA DE INSPECCIONES PARA CUMPLIR EL MODELO DE PARADAS NUCLEARES

J. AYCART - S. MORTENSON - J.M. FOURQUET

Con anterioridad a la desregulación de la industria de generación nuclear en Estados Unidos, era habitual que las paradas para recarga y mantenimiento en las Centrales Nucleares duraran del orden de 100 días. A partir del momento en que la desregulación entró en vigor, aumentó la importancia de los rendimientos y las mejoras de los factores de capacidad. De este modo, cobró importancia la reducción del tiempo de camino crítico durante la parada, de manera que actividades, que típicamente se habían venido realizando en serie, necesitaron hacerse en paralelo. El nuevo modelo de paradas obligaba a desarrollar nuevas herramientas y nuevos procesos.

La “plataforma de 360 grados” desarrollada por GE Energy ha permitido que se acometa la realización de múltiples actividades en paralelo. Varios equipos de inspección visual en vasija (IVVI) pueden ahora realizar inspecciones en los componentes de la vasija a presión del reactor (RPV) simultáneamente. El aumento del número de equipos para las inspecciones acarrea a su vez un mayor volumen de datos, con el riesgo de ver aumentado el tiempo para su examen y de posponer el cierre de la fase de análisis, lo cual es crítico para la parada. Para disminuir los plazos de análisis de datos, se ha desarrollado el proceso de Digitalización IVVI, mediante el cual los datos IVVI se envían mediante una línea de transferencia de alta velocidad a un emplazamiento fuera de la Planta llamado Centro de Excelencia (COE) donde un equipo de expertos Nivel III se encarga de su análisis.

Las herramientas para las distintas líneas de producto están siendo desarrolladas para que interfieran entre sí lo menos posible, minimizando en consecuencia el impacto del camino crítico en las actividades de planta de recarga. Asimismo se están desarrollando métodos que aumentan los intervalos entre inspecciones. De acuerdo con las directrices del Proyecto “Boiling Water Reactor Vessel and Internals” (BWRVIP), los intervalos entre inspecciones son típicamente más largos si se realizan inspecciones volumétricas por ultrasonidos que si el alcance se limita al de IVVI.

Before the nuclear generation industry was deregulated in the United States, refueling and maintenance outages in nuclear power plants usually lasted around 100 days. After deregulation took effect, improved capability factors and performances became more important. As a result, it became essential to reduce the critical path time during the outage, which meant that activities that had typically been done in series had to be executed in parallel. The new outage model required the development of new tools and new processes.

The “360-degree platform” developed by GE Energy has made it possible to execute multiple activities in parallel. Various in-vessel visual inspection (IVVI) equipments can now simultaneously perform inspections on the pressurized reactor vessel (RPV) components. The larger number of inspection equipments in turn results in a larger volume of data, with the risk of increasing the time needed for examining them and postponing the end of the analysis phase, which is critical for the outage. To decrease data analysis times, the IVVI Digitalization process has been

developed. With this process, the IVVI data are sent via a high-speed transmission line to a site outside the Plant called Center of Excellence (COE), where a team of Level III experts is in charge of analyzing them.

The tools for the different product lines are being developed to interfere with each other as little as possible, thus minimizing the impact of the critical path on plant refueling activities. Methods are also being developed to increase the intervals between inspections. In accordance with the guidelines of the Boiling Water Reactor Vessel and Internals project (BWRVIP), the intervals between inspections are typically longer if ultrasound volumetric inspections are performed than if the scope is limited to IVVI.

INTRODUCCIÓN

Las empresas propietarias de centrales están controlando los costes de operación y mantenimiento a base de reducir los tiempos de parada de la planta y mejorar la producción. La Figura 1 ilustra la duración media de la

parada de recarga en días en EEUU. Dicha duración ha disminuido desde un valor medio de 104 días en 1990 a 40 días en 2003. Cada día representa aproximadamente 1 millón de US\$ en ahorro de costes de energía de sustitución.

Para ayudar a las empresas eléctricas a alcanzar duraciones de parada más cortas, GE Energy está desarrollando herramientas que satisfagan las necesidades de las plantas. La plataforma de trabajo de 360 grados ha sido el factor de ahorro de tiempo de camino crítico más importante de todos los equipos que se han diseñado para la industria nuclear. Sin embargo, la introducción de esta herramienta, requirió el diseño e implantación de nuevos procesos y otros equipos, de tal forma que actividades de inspección, modificación y mantenimiento pudieran realizarse en paralelo.

En GE Energy, estos nuevos equipos y procesos se diseñan habitualmente bajo lo que se denomina procedimiento de introducción de nuevos productos (NPI). En resumen, NPI es un método de GE Energy para la creación de nuevos productos y gestión de proyectos. El proceso NPI consiste de cinco ele-

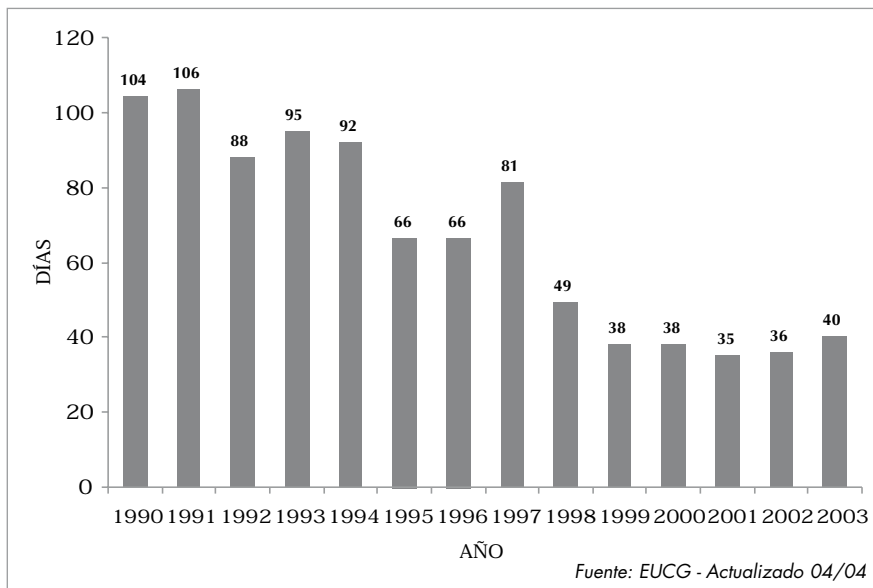


Figura 1. Duración Media de las Paradas de Recarga en EEUU.

mentos diferentes, evaluados integral y meticulosamente, a la vez que con la flexibilidad suficiente para que pueda ser aplicado a todo tipo de proyectos independientemente de su grado de complejidad. El proceso NPI permite a los equipos participantes planificar y ejecutar con éxito proyectos que satisfagan

los requisitos de los clientes y cumplan los plazos definidos y los presupuestos establecidos por las organizaciones.

El proyecto de Digitalización IVVI y el diseño de herramientas no-intrusivas se realizan según el proceso NPI con el objetivo de cumplir con el nuevo modelo de paradas.



Figura 2. Plataforma de Trabajo de 360 Grados.

LA PLATAFORMA DE TRABAJO DE 360 GRADOS

La plataforma de trabajo de 360 grados (Figura 2) se instala en un tiempo mínimo y permite la realización de actividades paralelas en vasija (servicios, inspecciones y modificaciones), al tiempo que proporciona acceso a los 360 grados del anillo de la vasija. Su característica principal es el número de distintos equipos (hasta 5) que pueden trabajar en paralelo desde "stands" móviles tal como se ve en la Figura 2.

Las secciones modulares de la plataforma permiten un fácil almacenamiento y transporte. La estructura es previamente analizada para condiciones sísmicas y las distintas configuraciones existentes facilitan su adaptación a cada tipo de planta.

Existen dos tipos de diseños. Las versiones para los reactores BWR2 a 5 se instalan sobre los salientes de la cavidad y se almacenan durante la operación a potencia de la Central. Las versiones para los BWR6, reemplazan la Plataforma Auxiliar existente, se montan en raíles auxiliares y son motorizadas.

La plataforma permite dar apoyo a actividades tan diversas como:

- Inspecciones visuales y por ultrasonidos en la vasija
- Movimiento de combustible
- Extracción de objetos extraños de la vasija
- Trabajos de modificación del Shroud o del Core Spray
- Trabajos en las Bombas de Chorro

Su primera aplicación en la central de Dresden supuso un ahorro de 3 días de camino crítico equivalentes a 1.5 millones de US\$ aproximadamente en costes de energía de sustitución. Hasta la fecha GE ha utilizado este tipo de plataformas en 13 paradas de recarga distintas.

EL RETO DE LA MANO DE OBRA CUALIFICADA

Las plataformas de 360 grados junto con la coincidencia de múltiples paradas simultáneas, han hecho aumentar la necesidad de mano de obra especializada, en lo referente a:

- Niveles II's y III's NDE
- Técnicos de Servicios de Reactor (RST)
- Analistas de Datos
- Operadores de Equipos
- Analistas Cualificados PDI

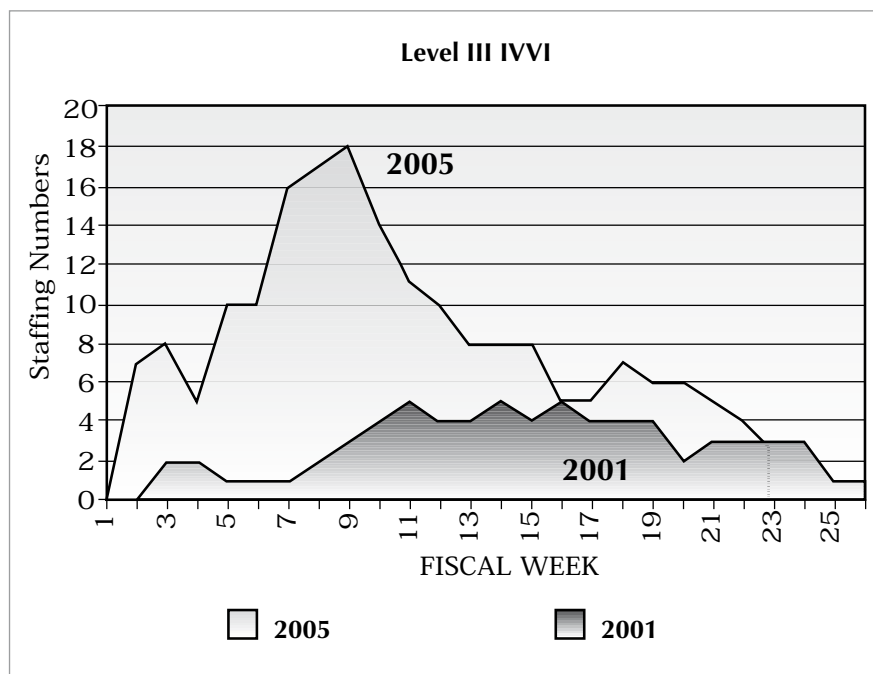


Figura 3. Recursos Necesarios de Niveles III NDE IVVI.

A modo de ejemplo, la Figura 3 presenta la demanda de inspectores de Nivel III IVVI en la primera mitad del año 2005, en comparación con la del año 2001REF.

Hay que tener en cuenta que los requisitos internos de GE y la Certificación de la Sociedad Americana de Ensayos No-Destructivos (ASNT) requieren para un Nivel III IVVI una experiencia de 584 horas, 104 horas de entrenamiento y pruebas de nivel en cuatro áreas diferentes (básica, específica, métodos y demostraciones).

En las Centrales BWR españolas GE Energy Nuclear realiza siempre los servicios de Planta de Recarga en colaboración con personal de Tecnatom. Los equipos humanos y desarrollos técnicos de Tecnatom han sido también utilizados en otras Centrales europeas, americanas y asiáticas con diversos alcances y contenidos pero siempre con notable éxito.

DIGITALIZACIÓN IVVI

El nuevo sistema IVVI Digitalizado desarrollado por GE Energy supone un avance tecnológico en el modo de realizar las inspecciones de los internos del reactor. Esta técnica aumenta en gran medida la posibilidad de capturar, revisar y transmitir el estado de las inspecciones de un modo rápido y eficaz. El nuevo proceso reemplaza el método anterior de realizar inspecciones, cuando los inspectores usaban sistemas de vídeo VCR para grabar

imágenes. Cuando las cintas VCR se completaban se transportaban fuera del edificio del reactor para su análisis. En la primavera de 2005 se ha realizado un proyecto piloto sobre IVVI Digitalizado en tres emplazamientos diferentes de Exelon.

El sistema IVVI Digitalizado utiliza la más reciente tecnología digital para grabar, transmitir y visionar inspecciones en vídeo. El producto final se entrega en formato de disco duro externo, en lugar de cintas VHS. La tecnología en sí misma está disponible en el mercado, sin embargo el valor añadido que aporta el sistema es la combinación de diversos elementos tecnológicos en las áreas de adquisición, puesta en red, transmisión y gestión de datos configurando un proceso robusto que es único en la industria nuclear.

Las ventajas principales de este sistema son:

- La reducción de los tiempos de espera (el tiempo transcurrido desde la adquisición de datos hasta su revisión)

- El descubrimiento anticipado de problemas potenciales, lo cual permite al cliente una mejor gestión de la parada.

- La mejora de la comunicación entre técnicos e inspectores.

- La reducción de dosis durante la parada (ya que la supervisión continua de los inspectores de Nivel III en un ambiente radioactivo ya no es necesaria)

- La reducción del personal de parada de GE necesario en el emplazamiento.

- Permitir el acceso paralelo o simultáneo a datos por parte del cliente.

Asistencia en Tiempo Real

Permite una comunicación y transmisión de imágenes en tiempo real entre la Planta de Recarga y un Nivel III IVVI remoto.

Red Integrada Simple

Todos los aspectos de la ejecución del IVVI se localizan en una red integrada simple; la intervención del operador para gestionar la transferencia de información desde la Planta al Centro de Excelencia de GE es mínima.

Reducción de los tiempos de espera

El método anterior de realización de las inspecciones podía llegar a suponer unos tiempos de espera de hasta 12 horas antes de que los datos obtenidos en las inspecciones pudieran comenzar a ser revisados. El tiempo de espera en el Proyecto Piloto fue reducido en un factor del 50% (referencia Tabla 1)

Mejora de la Respuesta ante la aparición de Sucesos Relevantes

Con anterioridad al uso del sistema IVVI Digitalizado, llegaba a transcurrir un máximo de hasta 12-16 horas desde el comienzo de la inspección hasta que el cliente era informado de la aparición de cualquier tema relevante acaecido durante la misma; ese tiempo ha sido reducido a 8 horas aproximadamente como promedio. El cliente sufre el impacto del retraso porque cualquier problema durante la inspección

Tabla 1. Estadísticas del Proyecto Piloto

	número de inspecciones	tiempo de espera en horas:minutos	Sucesos Notificables (INR's)
Planta 1	423	6:17	8
Planta 2	328	3:39	15
Planta 3	624	3:10	28

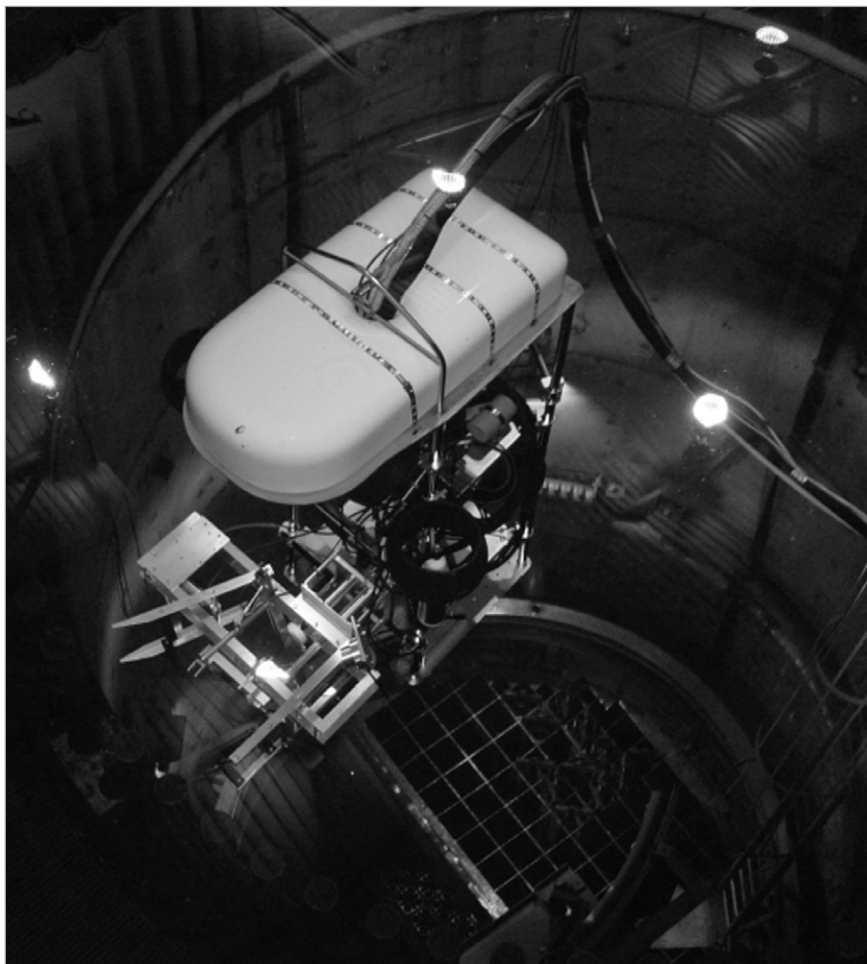


Figura 4. Sistema de Inspección de Core Spray.

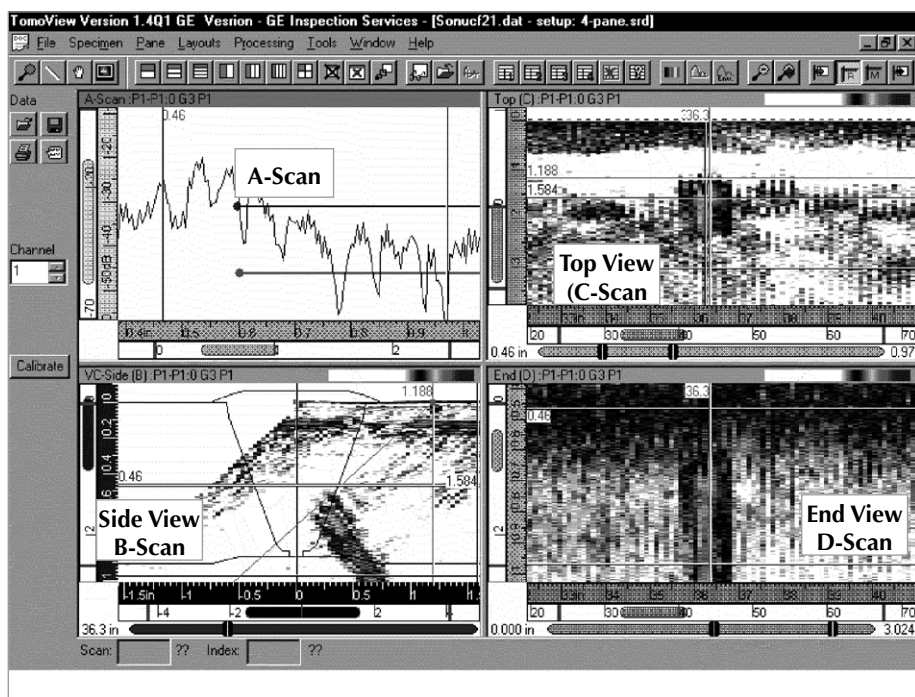


Figura 5. Pantallas TomoView™.

supone un tiempo añadido en el camino crítico de la parada. Además, el cliente podía no llegar a ser informado de la necesidad de alargar la parada, o de la necesidad de repuestos adicionales hasta 12-16 horas desde el comienzo de la inspección en cuestión.

Un segundo proyecto piloto está previsto para el otoño del año actual. Este proyecto incluirá datos de una inspección por ultrasonidos del Core Spray. El objetivo es proporcionar una plataforma uniforme para los Servicios de Inspección de GE Energy en la planta.

HERRAMIENTAS PARA LA INSPECCIÓN DE INTERNOS

INSPECCIÓN DEL CORE SPRAY (CSI)

El CSI es un robot de inspección con movilidad multi-direccional, controlado por ordenador, que se coloca en un Vehículo Operado en Remoto (ROV). Éste es un vehículo submarino autopropulsado y operado remotamente que maniobra bajo el agua de la cavidad del reactor hasta llegar a las distintas soldaduras del Core Spray. Una vez que el ROV se posiciona en una soldadura, el CSI se fija a la tubería adyacente, colocando las unidades de inspección sobre la superficie cuyo examen se va a realizar, de manera que se proporciona una cobertura total de la región de la soldadura de acuerdo con lo especificado en el BWRVIP.

Las capacidades del sistema de adquisición de datos MicroTomo™, de la TomoView™ Workstation y de las unidades de inspección del Core Spray fueron demostradas con éxito en cumplimiento de los requisitos del BWRVIP-03 "Reactor Pressure Vessel and Internals Guidelines". Las pruebas fueron realizadas durante las Demos-traciones Ultrasónicas del BWRVIP.

Sistema de Adquisición de Datos MicroTomo™

El sistema de adquisición de datos MicroTomo™ se utilizó en esta inspección. El MicroTomo™ es un sistema digital multiplexado de ocho canales. El sistema digitaliza el scan-A completo o señal de radiofrecuencia RF a una velocidad de hasta 120 MHz. La totalidad del scan-A es digitalizado y almacenado en CD permitiendo su análisis off-line.

Estación de Trabajo para Análisis de Datos TomoView™

La TomoView™ Workstation se utilizó para la evaluación de los datos

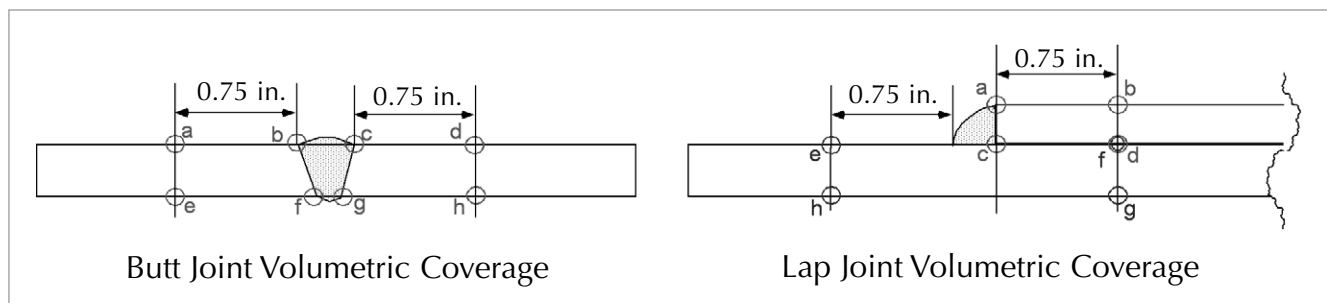


Figura 6. Requisitos de Inspección del BWRVIP para el Core Spray.

de ultrasonidos. Los datos se muestran con una combinación de tiempo o amplitud en vistas A-scan, B-scan, C-scan y D-scan, a una resolución de 1024 x 768 pixels. El software TomoViewTM permite la manipulación de las imágenes a conveniencia del usuario. Asimismo, para la mejora de la imagen se incluye una paleta de colores ajustable. Cada imagen o partes de las mismas pueden ser aumentadas selectivamente. Los analistas de datos de GE han usado el software TomoViewTM demostrando con pleno éxito las capacidades de detección y medida de un rango completo de grietas como parte del Programa PDI Piping en el Centro de Ensayos No Destructivos de EPRI.

El sistema de inspección utiliza unidades de inspección con un haz de ondas incidentes a 60°, que dirige los ultrasonidos para explorar las superficies de la soldadura con grietas incipientes. La unidad de inspección se

posiciona sobre la tubería adyacente examinando completamente la soldadura, hasta donde lo permite la accesibilidad. Los datos son capturados en intervalos de 0.036 pulgadas en la dirección de escaneado y en intervalos de 0.10 pulgadas en dirección circunferencial. Adicionalmente, se utiliza otra unidad con un haz de ondas a 70° para inspeccionar las soldaduras de la placa base.

La figura 6 ilustra los límites de inspección de superficial requeridos por el BWRVIP-

CONCLUSIONES

GE Energy demuestra su compromiso con la industria nuclear para desarrollar nuevas herramientas y procesos que cumplen las necesidades de las paradas y reducen los tiempos de camino crítico. La plataforma de 360 grados permite la realización de actividades en vasija en paralelo, mientras que

anteriormente debían hacerse en serie. El sistema IVVI Digitalizado reduce los tiempos de notificación al cliente cuando un componente necesita ser reparado. El sistema de UT para el Core Spray supone una inspección del interior de las tuberías que dobla los intervalos entre inspecciones y puede ahorrar hasta 1 día de camino crítico por parada.

Otros sistemas no mencionados en este artículo, tales como el equipo para inspección de las soldaduras de las Bombas de Chorro que utiliza la misma plataforma que la herramienta CSI UT minimizando o eliminando la necesidad del apoyo del puente o grúas, aportan valor en el objetivo común de reducción de paradas.

Por último cabe destacar que la formación de equipos de trabajo con personal de Tecnatom ha permitido acumular una dilatada experiencia conjunta trabajando en gran número de Centrales en todo el mundo.



José G. AYCART es Ingeniero Industrial por la ETSII del Bilbao y MBA por el Instituto de Empresa de Madrid. Desde 2002 es el responsable del negocio nuclear de GE en España como Director de Servicios Nucleares dentro de GE Energy Nuclear. Previamente a su incorporación a GE desarrolló parte de su trayectoria profesional en ENUSA en diversos puestos técnicos, comerciales y de gestión de proyectos. Simultánea su puesto actual con el de responsable Comercial de Combustible para el mercado Europeo.



Steven C. Mortenson es Jefe de Programas dentro de GE Energy's Nuclear Reactor and Field Services y está cualificado como inspector de Ensayos No Destructivos por el Hutchinson Area Vocational Technical Institute. Se incorporó a GE en 1975 como responsable de proyectos de Pre-service Reactor Pressure Vessel (RPV). En 1980, pasó a GE Nuclear Energy como responsable del desarrollo de técnicas de ultrasonidos automatizadas para RPV. Desde 2002 es responsable del Programa de Servicios de Inspección y proyectos NPI.



José María Fourquet es Ingeniero Químico por la Universidad de South Florida habiendo cursado estudios de postgrado en la Universidad de Texas. Desde 2002 es Director Técnico de Servicios de GE Energy Nuclear en España. Con anterioridad ocupó el puesto de Director Comercial de Área Internacional en Técnicas Reunidas así como otros puestos comerciales y de gestión en Setpoint, Inc., y Process Computers, Inc en Houston, Texas.