

SERVICIO INTEGRADO DE ACTIVIDADES DE RECARGA (SIR)

Las paradas programadas para recarga de combustible, también llamadas Recargas, conllevan la movilización de una gran cantidad de recursos que deben gestionarse orientados a la consecución de los objetivos marcados. La peculiaridad de nuestro sector reside en el hecho que, estas operaciones, deben realizarse con una parte de la planta en operación, y además, garantizando las funciones claves de seguridad en parada en todo momento.

Para entender el reto que hay detrás de la gestión de recursos en Recarga, basta con enumerar algunas de sus cifras más significativas, como son los más de 1.000 profesionales de empresas colaboradoras movilizados, procedentes de más de 50 empresas y ejecutando en torno a medio millón de horas hombre. Cifras similares, en otras industrias, se traducen en proyectos de meses e incluso años. Sin embargo, la industria nuclear española logra plazos de ejecución por debajo de los 40 días (en los PWR), y en clara tendencia para bajar de los 35 días mediante estrategias de optimización de recargas.

En este contexto, y con el objetivo de mejorar los servicios en recarga, las empresas Tecnatom, Westinghouse y Enusa crearon la UTE-TWE en el 2003, con clara vocación hacia la consecución de los objetivos de recarga y orientada a la mejora continua de resultados. A través de la misma, se creó el Servicio Integrado de Actividades de Recarga (SIR) al que se asignaron un determinado número de trabajos, que ha sido paulatinamente incrementado, siendo en la actualidad los más representativos:

- Apertura y cierre tapa vasija.
- Descarga y carga de elementos combustibles del núcleo.
- Apertura y cierre de los generadores de vapor (lado primario y secundario).
- Inspección por corrientes inducidas de los generadores de vapor y taponado en caso de ser requerido.
- Inspección mecanizada de la vasija.
- Inspección volumétrica de las penetraciones de la tapa de la vasija.
- Mantenimiento e inspección del sistema de instrumentación intranuclear (Incore) y termopares.
- Mantenimiento de la grúa manipuladora de contención.
- Coordinación de contención.

Todos ellos tienen por común denominador ser trabajos ejecutados en contención o en la piscina de combustible gastado, y además, la gran mayoría son ejecutados en camino crítico. Por todo ello, dada la naturaleza del servicio, alcances y responsabilidad inherente, el SIR comparte plenamente los objetivos de la recarga descritos en la guía EPRI *Effective Refueling Outage Preparation and Execution Guidance*, en términos de Seguridad, Calidad y Programa.

La propia naturaleza de nuestros trabajos nos obliga a mantener la mejora continua como una de nuestras señas de identidad, buscando en todo momento la captura de lecciones aprendidas y la aplicación de estrategias para la optimización de recargas, entre las que destacan las indicadas en la figura inferior.

La continua aplicación de estas estrategias, unido a la gran experiencia aportada por los equipos de trabajo que componen la UTE-TWE, se ve reflejado en la mejora continua de los tiempos de ejecución de las actividades en recarga (consolidando en los programas de recargas una reducción



PEDRO LUIS ROJO PÉREZ

Gerente UTE Tecnatom-Westinghouse-Enusa

TECNATOM, S.A.

Ingeniero en Electrónica y Automática Industrial por la UPM.

JOSÉ RAMÓN RODRÍGUEZ MONTALBÁN

Responsable de Desarrollo de Negocio Energía España

TECNATOM, S.A.

Ingeniero Industrial, especialista en Organización Industrial por la ETSII de Madrid.

RAFAEL GARCÍA CASTRO

Responsable de Field Services OPS -EMEA Southern

WESTINGHOUSE TECHNOLOGY SERVICES

Especialista en Electrónica Naval en la ETEA. Esta certificado en Project Management y Green Belt.

PEDRO ÁLVAREZ GONZÁLEZ

Jefe de Servicios de Combustible y Gerente de la agrupación ENUSA-ENWESA A.I.E.

ENUSA INDUSTRIAS AVANZADAS S.A.

Ingeniero Técnico en Química Industrial por la EPS de Huesca y Máster en Dirección Técnica y de Producción por el CESEM de Madrid.

INTEGRATED SERVICES IN OUTAGES ACTIVITIES (SIR)

Scheduled stops for refueling, also called Outages, involves the mobilization of a large number of resources that must be managed in order to achieve the objectives set. The peculiarity of our sector lies in the fact that these operations must be carried out with a part of the plant in operation, and also ensuring critical safety functions during outages at all times.

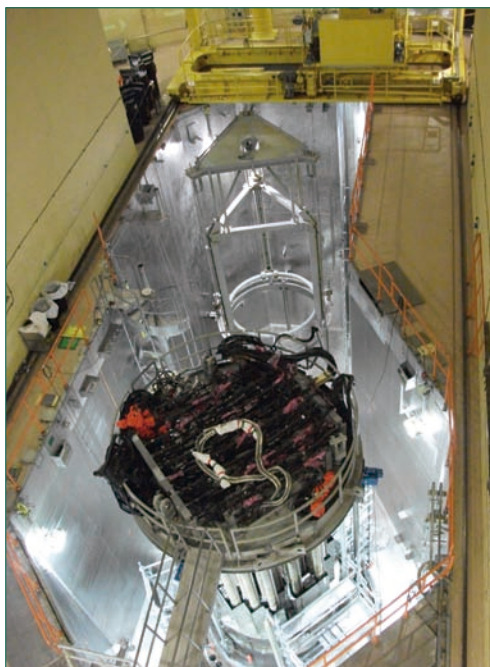
To understand the challenge behind resource management in Outages, it is enough to list some of its most significant figures: above 1.000 professionals from providers mobilized, more than 50 companies performing around half a million of man-hour. Similar figures, in other industries, translate into projects for months and even years. However, the Spanish nuclear industry achieves performing times below 40 days (in the PWR), and in a clear tendency to cut down 35 days by means of outage optimization strategies.

superior a las 26 horas en los trabajos en camino crítico), dosis (reducciones superiores al 9%) y cumpliendo con los objetivos de calidad en los trabajos. Todo ello manteniendo, en todo momento, la seguridad de los trabajadores que ejecutan los trabajos. El cumplimiento de estos objetivos, tiene una consecuencia directa en la reducción de costes, además de favorecer activamente la coordinación de las actividades de recarga. Estos resultados evidencian la correcta conveniencia de este sistema para la Preparación, Ejecución y Cierre de recargas permitiendo mejorar el servicio.

El hecho de tener esta estructura organizativa plenamente integrada durante todas las fases de la recarga conlleva una serie de ventajas que potencian la consecución de los objetivos de la misma. A saber:

- Se coordinan actividades no ejecutadas por la UTE-TWE (andamios, *sludge lancing*, etc.).
- Aprovechamiento de sinergias entre empresas: al disponer en planta de una importante cantidad de recursos y personal especializado, se facilita una rápida y coordinada actuación en todo momento, con unos tiempos de activación y actuación reducidos.
- Integración con el cliente: flexibilidad, polivalencia y visión global.
- Canal eficiente de comunicación, centralizando la información y facilitando la inmediata transmisión.
- Reducción de tiempos muertos y mejora en la coordinación entre empresas.
- Proactividad del SIR para la gestión de trabajos emergentes.

La gestión de actividades de recarga mediante la creación de la UTE-TWE junto con la coordinación



y control del SIR, ofrecen al cliente beneficios desde el punto de vista de la adhesión a sus objetivos de recarga (Seguridad, Calidad y Programa), además de disponer de una respuesta inmediata y coordinada entre las empresas que la forman a la hora de acometer los diferentes trabajos que se le encomiendan, incluyendo los emergentes.

El resultado de esta colaboración entre empresas conlleva la minimización de tiempos de espera y la reducción en los tiempos de ejecución de las actividades en camino crítico, con la consiguiente reducción en la dosis colectiva. Además, tras más de diez años de funcionamiento, el compromiso y la integración del personal de la UTE-TWE dentro de las estructuras organizativas de la central es muy elevado, existiendo una colaboración y comunicación continuada que mejora el resultado operativo de la

central así como las actividades de mantenimiento, inspección y pruebas que se llevan a cabo durante las recargas.

ALCANCES TECNATOM

Las capacidades tecnológicas del Grupo Tecnatom, tras casi 60 años desde su fundación, han ido evolucionando para adaptarse a las necesidades de sus clientes, adelantándose a sus necesidades y promoviendo el desarrollo tecnológico en la aplicación de sus servicios.

Los servicios suministrados por Tecnatom para la UTE-TWE provienen de la Dirección de Inspección y Pruebas, y están orientados al suministro de servicios de alto contenido tecnológico, para verificar la integridad y operabilidad de las instalaciones, y en el ámbito del SIR, los servicios de inspección reglamentarios en vasija y generadores de vapor. Entre los servicios más representativos, destacar:

- Inspección por corrientes inducidas de los tubos de los generadores de vapor.
- Taponado de tubos de los generadores de vapor.
- Inspección UT mecanizada de vasija.
- Inspección volumétrica por ultrasonidos de la tapa de la vasija.
- Inspección visual remota de las penetraciones de la tapa de la vasija.
- Inspección visual remota de las penetraciones del fondo de la vasija.
- Inspección de las zonas roscadas de la brida de la vasija.
- Inspección visual remota de la vasija
- Inspección visual remota de los manguitos térmicos de la tapa de la vasija.
- Inspección UT de las toberas de la vasija (ramas calientes y ramas frías).
- Mantenimiento del sistema intranuclear (Incore) y termopares.

Adicionalmente, Tecnatom tiene capacidad técnica para la realización de otras actividades de inspección, no contempladas en la lista anterior, tales como inspecciones visuales en los generadores de vapor, tanto desde el lado primario como secundario, montaje y desmontaje y tarado de válvulas de seguridad del presionador (en laboratorio externo) y actividades de ingeniería para la evaluación y diagnóstico del estado de los componentes principales de contención (generadores de vapor, vasija, presionador, etc.)

La evolución de los equipos y técnicas de Ensayos No Destructivos, a través de una agresiva política de I+D+i, orientada en todo momento al negocio y a la



optimización de los servicios, ha permitido la ejecución de estos con unos altos niveles de calidad y optimización de tiempos de inspección, que en definitiva redundan en un beneficio neto para nuestros clientes.

El uso de los más modernos sistemas de adquisición de datos y la gestión de los mismos permite que los equipos de analistas sean capaces de realizar su labor en remoto, distribuidos en diferentes *data rooms*, prácticamente en paralelo con la adquisición.

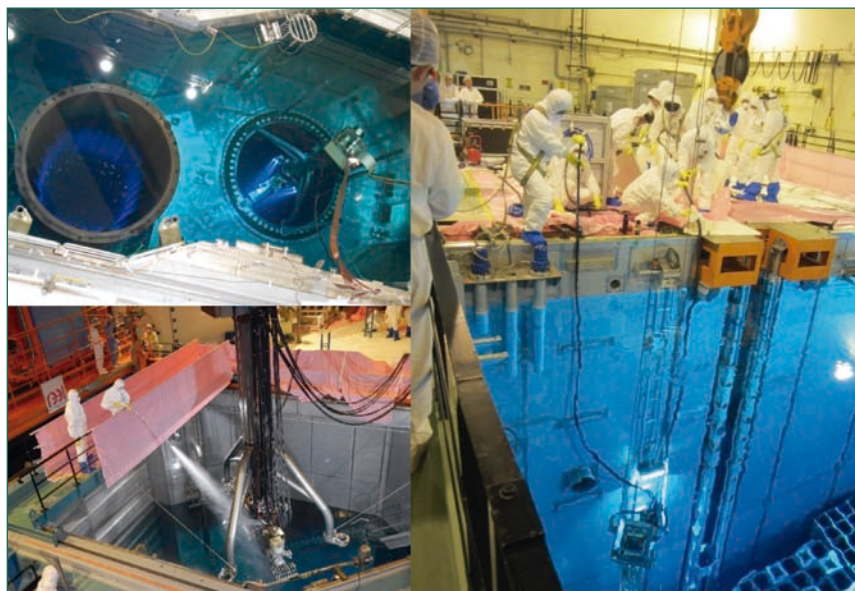
ALCANCES WESTINGHOUSE

Desde 1968, Westinghouse ha proporcionado servicios de recarga en cientos de plantas en todo el mundo estando en España desde hace más de 40; es por ello que nuestra amplia experiencia es inigualable en la industria, y nos califica de manera única para ofrecer servicios con gran calidad. En especial y conjuntamente con nuestros socios Enusa y Tecnatom, Westinghouse realiza dentro del Servicio Integrado de Recarga los siguientes servicios:

- Actividades en cavidad de recarga: apertura y cierre de la tapa de la vasija del reactor y equipos asociados.
- Actividades en los generadores de vapor: apertura y cierre de bocas (primario y secundario) necesarias para inspecciones y trabajos asociados en generadores de vapor.
- Actividades en presionador: apertura y cierre.
- Mantenimiento de grúas y sistemas de manejo de combustible.

Adicionalmente Westinghouse tiene capacidad de efectuar inspecciones, mantenimiento, limpieza y reparaciones en los generadores de vapor, en el reactor y sus componentes, así como servicios para bombas y motores. Otras líneas de negocio de Westinghouse ofrecen experiencia adicional en equipos de manejo de combustible y grúas (PAR Nuclear), y ensayos no destructivos (WesDyne International).

La experiencia y calificación de nuestro personal, combinado con una base amplia de servicios, ha hecho de Westinghouse el principal suministrador de servicios para recargas en la industria. A lo largo de los años, la variedad de productos incluidos en el catálogo ha evolucionado hasta incluir algunas aplicaciones importantes como pueden ser: mantenimiento de herramientas, inspección de combustible y servicios de reparación de equipos, servicios en la mesa de sellado, descontaminación de la cavidad, herramientas de reducción de exposición a la radiación y me-



coste y programa. Esto ha permitido al equipo mejorar los procesos de recarga de combustible mediante la consolidación y coordinación de las distintas operaciones de la recarga, reparaciones, servicios y mejoras. El resultado consiste en un proceso más eficiente, simple y más transparente para la Propiedad.

En la Figura 1 se presenta una descripción de lo considerado como una parada típica, a efectos de planificación de trabajos.

A continuación se definen una serie de beneficios adicionales que Westinghouse ha estado proporcionando

joras en los equipos de recarga de combustible. La meta que pretendemos alcanzar es la optimización de las recargas a través de una metodología de mejora de procesos integrados que engloba trabajo en equipo, entrenamiento y tecnología, traducándose en una reducción de dosis,

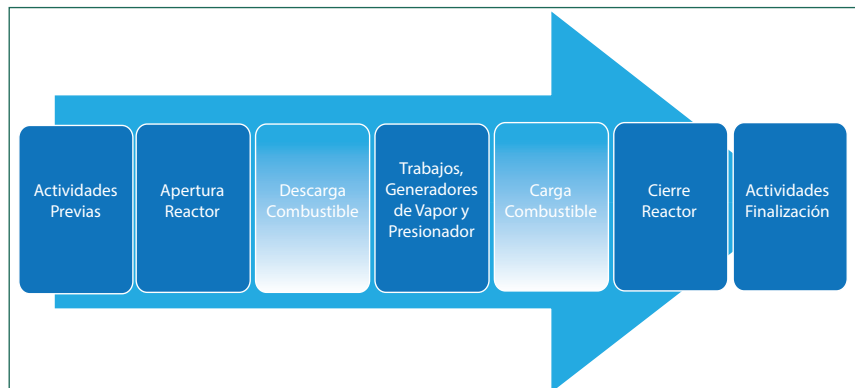
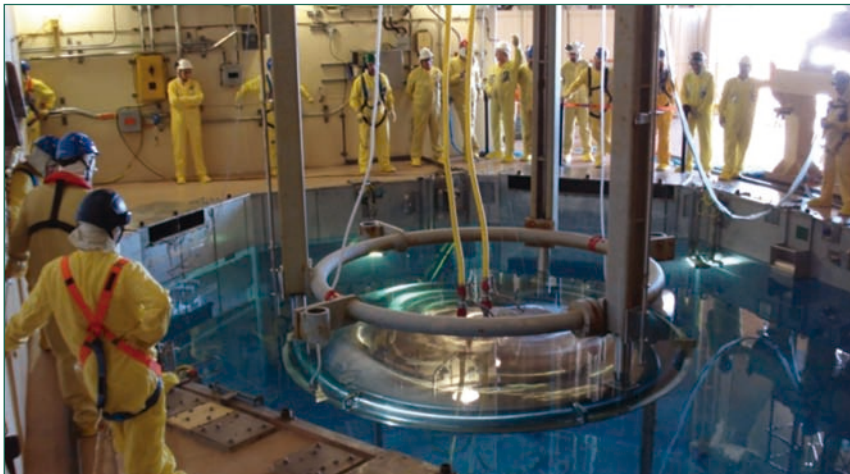


Figura 1. Planificación de trabajos.



en todas y cada uno de sus servicios:

- Único punto de contacto.
- Programa de Garantía de Calidad avalado por la NRC(QA).
- Fiabilidad de los equipos.
- Apoyo durante las 24 horas de apoyo técnico desde la sede tanto en España como en EE.UU.
- Resolución de anomalías por parte de Ingeniería.
- Fabricante del Equipo Original (*Original Equipment Manufacturer-OEM*) con acceso a los diseños originales y a la documentación base.
- Habilidad de optimización y reducción del programa.
- Formación del personal.
- Experiencia técnica del personal.
- Experiencia en campo incomparable.
- Cultura de seguridad.
- *Human Performance*.
- Experiencia previa específica en recargas de combustible.
- Comunicaciones (*field summary report*).
- Integración con otros servicios.
- Comunicaciones técnicas de la industria.

Ninguna recarga es rutinaria. Cada una puede presentar retos y oportunidades de mejora. Los antecedentes de Westinghouse, la extensa experiencia en recargas, una formación, entrenamiento y programa de calidad excepcional permite a nuestro responsable de recarga y personal de campo planificar, priorizar, ejecutar, dirigir y resolver de manera efectiva los problemas que puedan surgir. Es por ello que Westinghouse paulatinamente las mejoras transmitidas por las instituciones internacionales han sido incorporadas a nuestra ejecución de trabajos: *Human Performance*, Cultura de Seguridad, etc, además de contar con un Programa de Calidad Certificado por la NRC.

ALCANCES ENUSA: SERVICIOS DE COMBUSTIBLE

Las actividades de gestión de combustible para la recarga de una central nuclear requieren de un conjunto de actuaciones, equipos, tecnología y un grupo de profesionales de muy alta cualificación. Enusa Industrias Avanzadas S.A. (en adelante Enusa) en su vocación de dar el mayor valor añadido posible a sus clientes y también para complementar adecuadamente sus actividades de fabricación e ingeniería, ha apostado fuertemente por los servicios de combustible, dotándose de las mejores tecnologías y equipos, y contando para ello con un conjunto de profesionales (de nuestra empresa y también de nuestros socios: Tecnatom, WTS, EnwesA, DEI), con capacidad para satisfacer la demanda de los clientes. El primer objetivo de Enusa con la prestación de sus servicios de combustible es garantizar el mejor comportamiento posible del producto, mediante las mejores prácticas operativas y un alto nivel de calidad y seguridad en sus actuaciones, en línea con los requisitos y demandas especiales de las centrales.

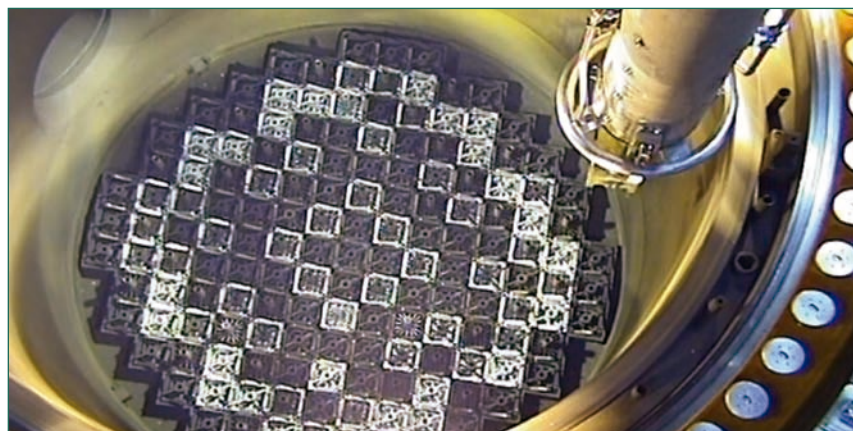
Manejo de combustible y actividades asociadas

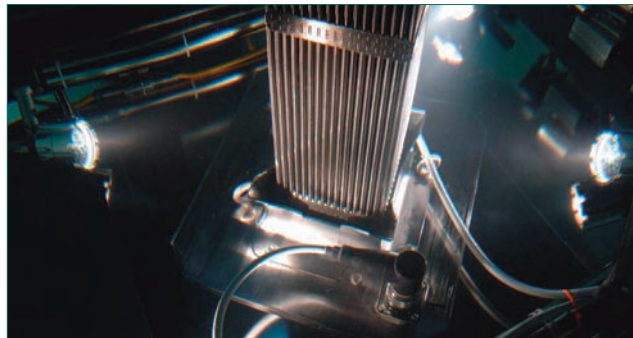
La gestión del combustible durante una recarga es una actividad clave para las centrales; de hecho el cambio de combustible es lo que da nombre a la recarga, siendo su componente y objetivo fundamental.

La gestión del combustible para la recarga comienza unos meses antes de la parada de la planta, desarrollándose un conjunto muy amplio de actividades de fabricación, ingeniería, gestión de los equipos, preparación de los servicios, etc.

La primera actividad que se desarrolla antes de la parada para la recarga es la recepción del combustible fresco y su preparación para la carga en el núcleo. Enusa realiza las actividades de interfase con la fábrica de elementos combustibles, con la empresa de transporte y con la central, acordando con cada uno el mejor programa de trabajo y las actividades fundamentales.

Tras la recepción del combustible fresco comienzan las actividades de preparación de la recarga, con emisión de los planes de actuación, documentación aplicable, actividades de formación, mantenimiento y comprobación de equipos, etc. Es muy importante establecer un programa logístico sobre el transporte de los equipos y otros componentes a la central. Como pilares fundamentales para dicho programa logístico, Enusa cuenta con una instalación radiactiva para el almacenamiento de equipos, situada en la fábrica de Juzbado, y con ETSA, empresa del Grupo Enusa, como operador logístico. En las centrales donde es aplicable, es necesario realizar la instalación del equipo de limpieza por ultrasonidos. Dicho equipo contiene una cesta para la limpieza, que se instala normalmente en el pozo del cofre (aunque





puede instalarse en otra ubicación), y el sistema de filtración.

En los últimos años, y fruto de las múltiples actuaciones de Enusa y de nuestros clientes, se ha reducido drásticamente el número de elementos combustibles con falta de estanqueidad, aunque no por ello se ha relajado el mantenimiento y disponibilidad de los mejores equipos para la detección de elementos y barras falladas y para la reparación de combustible. Por ello, antes de la parada Enusa transporta los equipos a la central, con objeto de asegurar la disponibilidad de los mismos y acometer cualquier contingencia que se pueda presentar antes o durante la recarga: equipo de inspección *on line sipping*, equipo de inspección por ultrasonidos Sicom-UT, equipos de reparación de combustible RRTN y MFRS.

Las primeras actividades son de preparación: reuniones internas y con el cliente (*pre-job meeting*), actividades de formación en maqueta o en campo, montaje y preparación de equipos y herramientas, PPVV, IIRRVV, montaje y preparación de las cámaras y sistemas de grabación, sistema de control e iluminación del núcleo, etc.

La siguiente fase es la descarga del núcleo y el traslado a la piscina de combustible gastado, realizándose en su caso los controles e inspecciones aplicables. Una vez realizada la descarga se procede con el cambio de componentes del núcleo, de forma que el combustible queda listo para el siguiente ciclo.

En las centrales donde es aplicable se realiza la limpieza por ultrasonidos. Con este sistema se eliminan productos de corrosión depositados en la superficie del conjunto combustible, mejorando el comportamiento del combustible en operación y reduciendo la tasa de dosis en el circuito primario, además de otras ventajas derivadas. La limpieza se realiza introduciendo los ele-

mentos combustibles en una cesta de limpieza, donde, mediante pulsos de alta frecuencia se separan los depósitos de la superficie de las barras quedando confinados mediante aspiración y filtrado.

Entre la descarga y carga de combustible se realizan todo un conjunto de inspecciones y actividades encaminadas a asegurar el comportamiento de combustible y su operación, que describiremos en los apartados posteriores.

Después se desarrolla la fase de carga del núcleo con las operaciones anteriores y posteriores de comprobación.

La descarga y carga de combustible se realizan trabajando a turnos que cubren las 24 horas del día, lo que requiere un amplio equipo técnico con la capacitación necesaria y unos procedimientos de trabajo suficientemente detallados para conseguir un trabajo sincronizado.

Acompañando al manejo de combustible, se realizan inspecciones visuales de diferente naturaleza:

- De la placa del núcleo y otros lugares en el circuito primario para comprobar la ausencia de cualquier objeto que pudiera dificultar el asentamiento de las toberas inferiores de los elementos.
- De los elementos en piscina y en el núcleo para identificarlos, asegurar

su correcta ubicación y descartar la presencia de cualquier objeto extraño.

- Comprobaciones en línea con la descarga del combustible, para verificar su estado.
- Mapa del núcleo y comprobación del huelgo entre cabezales.
- Mapa de piscina tras la parada para recarga y con el objetivo de comprobar el inventario de combustible y de otros componentes en la piscina de combustible.

Enusa cuenta con los mejores equipos y tecnologías de inspección visual: cámaras y accesorios, sistemas de grabación, fibroscopio, equipos de recuperación de objetos, destacando el equipo ART-Fosar, y todo un conjunto de utillaje necesario para el uso de los sistemas anteriores, que son utilizados habitualmente en todas las recargas y también en los programas de inspección y caracterización de combustible. Estos sistemas están aportando información muy valiosa y un adecuado control visual y de trazabilidad en todas las actuaciones.

Otras actuaciones que, dependiendo de los alcances concretos, se realizan entre descarga y carga de combustible son las siguientes:

- Extracción de probetas irradiadas para su envío a celdas calientes.
- Rascado de barras para la toma de muestras de crudo.
- Inspección de barras de control mediante corrientes inducidas.
- Corte de aletas y otras partes de las rejillas para su análisis en el laboratorio.
- Caracterización de conjuntos combustibles y sus componentes, para lo que Enusa y sus socios disponen de un conjunto de equipos cualificados y con capacidad para realizar estas actuaciones: visual, dimensional, corrosión, quemado, integridad, etc; destacando la familia de equipos Sicom, que acumulan una gran experiencia de uso en muchas centrales.■

