

# MANTENIMIENTO DEL SISTEMA NUCLEAR DE GENERACIÓN DE VAPOR (SNGV)

J. JIMÉNEZ - E. CASTAÑOS

El cambio de combustible de una central nuclear es el eje de una serie de actividades de mantenimiento programadas con mucha antelación con el fin de asegurar un funcionamiento fiable durante el siguiente ciclo y, a largo plazo, una planta más moderna, eficiente y segura. Algunas de estas actividades, como la apertura del reactor o el propio movimiento del combustible son rutinarias, otras varían de una recarga a otra siguiendo programas de inspección y mantenimiento.

ENWESA ha realizado estos trabajos durante dos décadas, en estrecha cooperación con sus empresas fundadoras, Westinghouse y Equipos Nucleares, y posteriormente con ENUSA.

Con el tiempo ENWESA ha crecido, desde su conocimiento del Sistema Nuclear de Generación de Vapor (SNGV) a otras áreas, casi siempre relacionadas con la producción de energía eléctrica, tales como el mantenimiento de válvulas y actuadores, la revisión de bombas y turbinas y la limpieza y reentubado de cambiadores de calor. También se ha establecido en las áreas de montaje y mantenimiento de sistemas eléctricos y de comunicaciones.

A continuación se describen únicamente las tareas relacionadas con el SNGV, en especial lo que concierne a plantas PWR, en las que ENWESA tiene más experiencia y dedicación.

*Each NPP refuelling outage implies a number of maintenance tasks scheduled long in advance to assure a reliable operation throughout the next cycle and, in the long run, a safer and more efficient plant. Some of these tasks are routine, like the reactor vessel head disassembly and fuel handling, others may differ from one outage to other, following inspection and maintenance programs.*

*ENWESA has been performing these activities for two decades collaborating with its mother companies, Westinghouse and ENSA, and more recently with ENUSA.*

*ENWESA has grown, from its knowledge of the nuclear steam supply system (NSSS) to other areas, generally related to the maintenance of power generation systems such as valves pumps, turbines, and heat exchangers. ENWESA is also involved in the installation and maintenance of electrical and communication systems.*

*The following applies to NSSS, specially PWR plants, where ENWESA has more experience and dedication.*

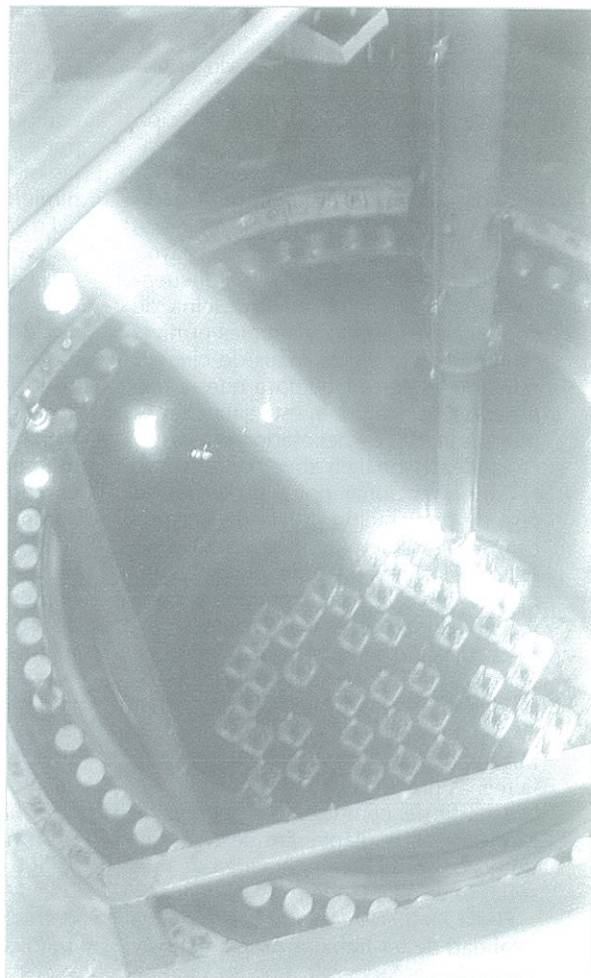
## INTRODUCCIÓN

ENWESA nace hace veinte años para cubrir las necesidades de mantenimiento del parque nuclear español que crecía, entonces, a un fuerte ritmo. Desde el inicio se intentó dar un enfo-

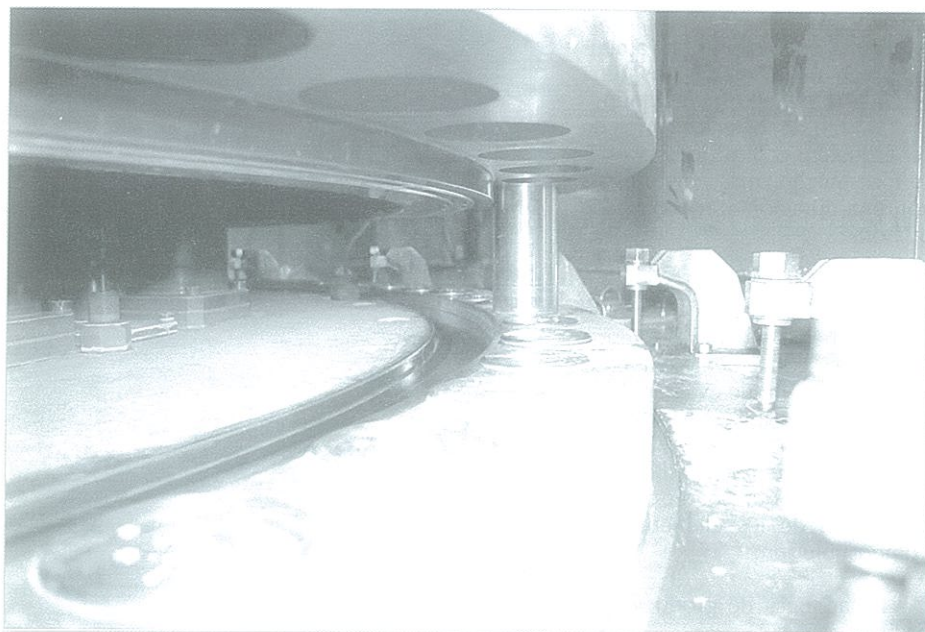
que práctico a la nueva sociedad, incorporando recursos de Westinghouse, diseñador de sistemas, y Equipos Nucleares, fabricante de componentes. Si bien las circunstancias son ahora diferentes, esta idea de empresa permanece.

Las actividades de recarga ocurren en un tiempo muy limitado, lo que hace necesario un trabajo previo de preparación que se inicia con varios meses de antelación, planificando el uso coordinado de recursos de todas las empresas participantes con especial cuidado en la selección del personal técnico especializado, que debe atender a menudo varias recargas consecutivas, ya que es práctica habitual hacerlas coincidir en otoño y primavera, siguiendo criterios de demanda de energía eléctrica.

Durante el proceso de preparación de los trabajos cobra especial importancia el contacto con el personal de la central para definir el alcance del trabajo y sus implicaciones en logística, reducción de dosis y prevención de riesgos, tres factores que han evolucionado mucho en los últimos años.



Carga del Núcleo.



Brida de la vasija del reactor.

ENWESA realiza gran parte de esta actividad para Westinghouse Technology Services o, en el caso de trabajos sobre elementos de combustible, integrada dentro de ENUSA-ENWESA AIE, en la que participa como socio junto a ENUSA y WTS.

El soporte tecnológico de los fabricantes originales de los componentes

del Sistema Nuclear de Generación de Vapor (SNGV) y del combustible nuclear constituye un importante referente de ENWESA de cara a la realización de trabajos especializados con implicaciones en el diseño; este es el caso de reparaciones en los equipos del reactor o en cualquiera de los componentes críticos.

Por otro lado, los responsables de mantenimiento y explotación de las centrales nucleares hacen participar cada vez más a las empresas que suministran equipos y servicios en sus objetivos de seguridad y disponibilidad. Esto ha favorecido la coordinación entre empresas para dar una respuesta integral a los programas de recarga con resultados apreciables en plantas como Ascó o Vandellós.

### VISIÓN GENERAL DE SNGV

A grandes rasgos podemos clasificar los servicios nucleares en función de los siguientes componentes:

- Reactor
- Combustible
- Generadores de vapor y presionador
- Bombas principales

Hay que distinguir entre los trabajos estrictamente necesarios para realizar la carga del núcleo y los que persiguen el mantenimiento, generalmente preventivo, de la instalación. Estos últimos obedecen a:

- Modificaciones en el diseño

- Recomendación del fabricante
- Cambio de especificaciones
- Indicaciones de las autoridades reguladoras
- Fallos de funcionamiento

Todas las actividades de mantenimiento del SNGV se programan conjuntamente prestando especial atención a factores como:

- Camino crítico
- Nivel de agua del sistema
- Acceso a herramientas y equipos, incluyendo las grúas polar y manipuladora de combustible y otros equipos de recarga.
- Condiciones ambientales (radiación, contaminación y temperatura)

### Reactor

Las actividades rutinarias de este área, en toda parada para recarga, son la apertura y cierre de la cabeza del reactor y la extracción e inserción de internos superiores.

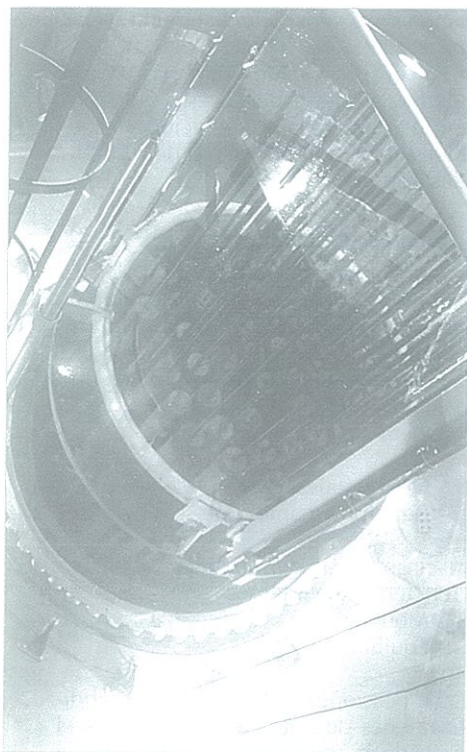
Son operaciones en ruta crítica, siempre en línea con la descarga y carga de combustible, que condicionan muchas otras actividades por su implicación en el nivel de agua del sistema primario y por las necesidades de evacuación del calor residual del núcleo.

La apertura de la cabeza del reactor se divide a su vez en unas veinte tareas entre las que cabe destacar la eliminación de conductos de ventilación, desconexión de CRDs, RPIs y termopares, desmontaje de cono-seals, distensionado de pernos y el propio izado de la cabeza, maniobra que se realiza utilizando la grúa polar mientras se produce la subida de nivel del agua de la cavidad de recarga.

En ocasiones se realiza la extracción de muestras irradiadas del interno inferior y del propio interno, generalmente condicionada por trabajos de inspección de la vasija.

En los últimos años se han realizado diversas modificaciones de diseño en los internos superiores y reparaciones importantes como la sustitución de pasadores de tubos guía (split-pin) en varias plantas de Europa y EEUU. Estos trabajos se llevan a cabo con herramientas diseñadas para manipular y cortar bajo agua, utilizando en ocasiones procesos especiales como la electroerosión.

El mantenimiento no sólo aplica a los componentes del SNGV sino también a los equipos de recarga y herramientas tales como la grúa manipuladora o el sistema de transferencia de combustible.



Interno superior.

En reactores tipo BWR se realiza con frecuencia el cambio de mecanismos de accionamiento de las barras de control.

ENWESA participa, si bien en menor medida, en el mantenimiento eléctrico y de I&C del reactor, con tareas como la conexión de líneas de termopares, instrumentación intranuclear y ocasionalmente, modificaciones en el sistema de control y protección del reactor.

### Combustible

Casi todo lo relacionado con el combustible se enfoca de manera integrada, dentro de ENUSA-ENWESA AIE, que permite, por su estructura, combinar la experiencia de los tres socios que la integran y evolucionar hacia productos cada vez más específicos.

Los trabajos básicos sobre este componente incluyen el manejo del mismo, comenzando, semanas antes de la recarga, por la recepción del combustible fresco (no irradiado) y su preparación para la carga del núcleo.

Las actividades de manejo del combustible en recarga suelen comenzar con una fundamental como es el desenganche de los ejes de accionamiento de las barras de control, necesario para poder extraer el interno superior.

El manejo de combustible irradiado, descarga y carga, suele ser también parte de la ruta crítica. La descarga de combustible se realiza en unas 48 horas en la mayoría de los reactores PWR y la carga, que contempla elementos frescos e irradiados con distintos grados de quemado, se realiza en tiempo similar.

Entre la descarga y carga del núcleo se programa el cambio de componentes (inserts) de los elementos combustibles en función de su nueva posición en el núcleo en ciclos posteriores.

Cuando el análisis químico del agua del circuito primario lo aconseja, se realiza la inspección de los elementos de combustible para la detección de posibles fugas, siendo cada vez más habitual el combinar varias técnicas, como son la de sipping (en línea con la descarga del núcleo) y la de ultrasonidos. La primera consiste en el análisis de gases resultantes de productos de fisión que se liberan (si el elemento está dañado) al extraerlo del núcleo; la segunda detecta la barra deteriorada dentro del elemento identificado.

Un apartado importante dentro de las actividades de combustible es la reparación de elementos que, en líneas generales, puede tener dos variantes:

- Sustitución de barras dañadas por varillas de acero inoxidable en un ele-

mento cuyo esqueleto está intacto; es una operación relativamente rápida (unas diez horas) una vez que el equipo está montado.

- Cambio de todas las barras de un esqueleto a otro; es una operación mucho más complicada con una duración aproximada de 80 horas.

Las operaciones de reparación requieren el acceso al elemento por el cabezal superior o inferior, según sea conveniente en cada caso. Con el fin de evaluar el daño y comprobar la correcta ejecución del trabajo, se realiza una inspección visual detallada.

Los motivos que condicionan la reparación de los elementos de combustible son:

- Evitar fugas de productos de fisión
- Evitar el rediseño del núcleo
- Amortizar el coste del elemento
- Optimizar la capacidad de almacenamiento de la planta

El combustible ha experimentado mejoras significativas en cuanto a diseño y fabricación en los últimos años; esta evolución condiciona las técnicas de mantenimiento que ahora abarcan más campos y se ocupan más del aspecto preventivo.

### Generadores de vapor y presionador

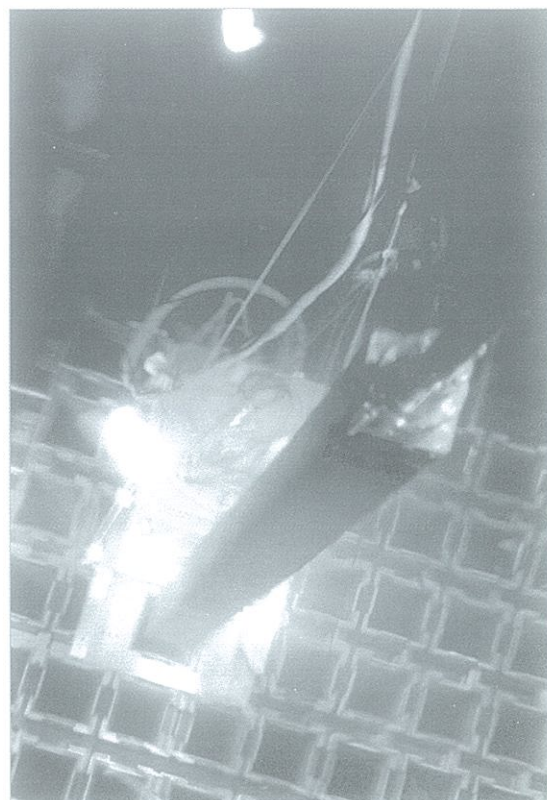
La apertura y cierre de los accesos al lado primario y secundario de los generadores de vapor es habitual en todas las recargas. Esto es necesario para inspeccionar el haz tubular y otros componentes, y para taponar tubos con indicaciones de defecto.

Las actividades en el lado primario, han evolucionado hacia la utilización de robots al darse las condiciones necesarias: alta radiación, espacio reducido y trabajo repetitivo.

El lado secundario se hace accesible para inspección y para realizar la limpieza de lodos de la placa tubular (sludge lancing).

La mejora en las aleaciones utilizadas en la fabricación de los haces tubulares y otros avances en el diseño de los nuevos generadores de vapor, han hecho casi innecesarias tareas antes frecuentes como el taponado (con tapones expansionados o soldados) de la placa tubular, el tratamiento térmico de los tubos o la sustitución de barras antivibratorias.

La apertura y cierre de bridas, tanto del lado primario como del secundario, implica en ocasiones una serie de



*Inspección de combustible.*

tareas adicionales tales como: tensonado y distensionado de pernos, medidas de elongación, eliminación de pernos gripados, colocación de heli-coils, cambio de juntas de las bridas o reparación de la superficie de asiento de las mismas.

En el presionador, además de la apertura y cierre de accesos, se realizan ocasionalmente operaciones especiales como son el cambio de resistencias de caldeo.

### Bombas principales

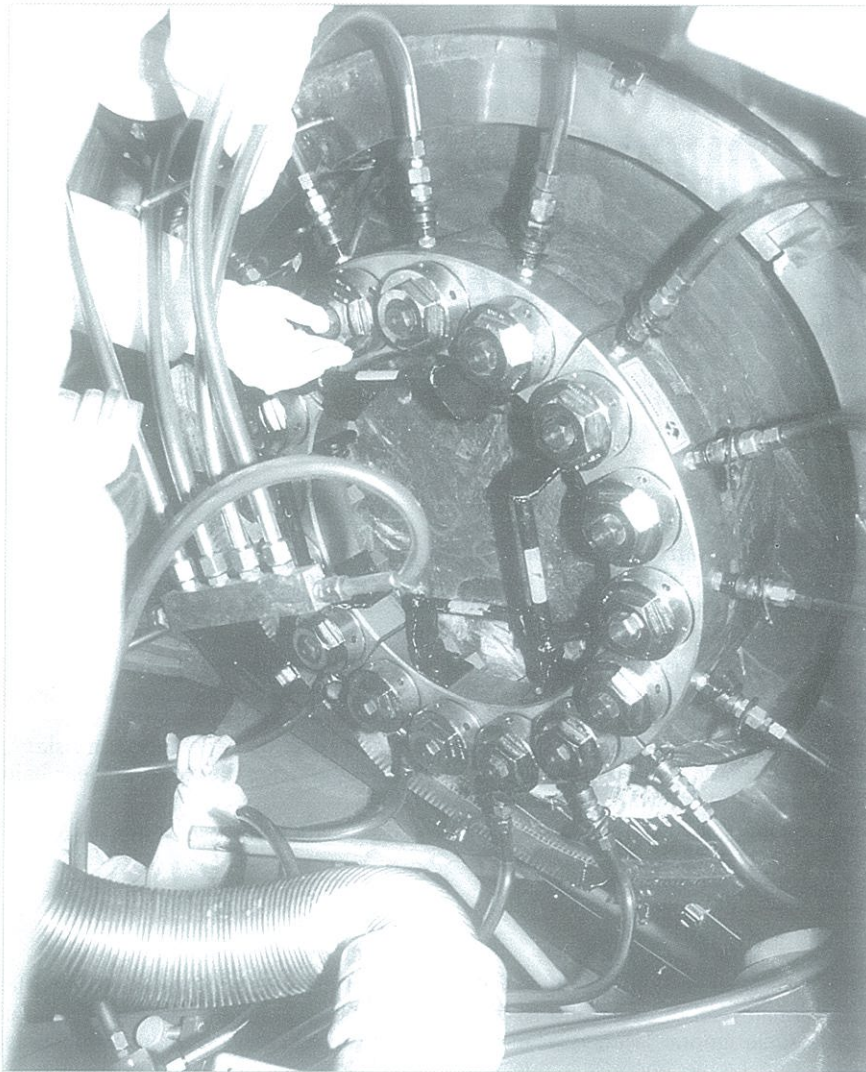
Las bombas de refrigeración del reactor y sus correspondientes motores son objeto de revisión en cualquier parada.

El alcance de la revisión varía de una recarga a otra.

Operaciones frecuentes son:

- Desmontaje
- Revisión y cambio de sellos de cierre
- Inspección del cojinete radial, barrera térmica e internos
- Montaje final
- Equilibrado

En ocasiones se han realizado modificaciones de importancia, como es el caso de la reparación de grietas en la barrera térmica, o sustitución del conjunto rotativo.



Tensionado de pernos - generador de vapor.

- Crecimiento hacia el exterior, no solo por razones comerciales sino también para mejorar el conocimiento de las diferentes plantas, sistemas y métodos de trabajo, lo que permite desenvolverse con facilidad en una actividad fuertemente basada en la experiencia.

- Gestión de los recursos, con especial atención al factor humano, imprescindible considerando todo lo anterior.



Jorge JIMÉNEZ RODRÍGUEZ es Ingeniero Industrial, especialidad Técnicas Energéticas, por la Universidad Politécnica de Madrid. Se incorporó a ENWESA en 1992 donde participó en actividades de recarga de centrales nucleares, organización de proyectos y desarrollo tecnológico. En 1994 se desplazó a Estados Unidos como ingeniero residente de ENWESA en las instalaciones de Westinghouse en Pittsburgh, integrado dentro de su grupo de Ingeniería del Reactor. Ha sido responsable del área de Tecnología y actualmente es director de Operaciones de ENWESA.

Los motores de las bombas principales son sometidos a una serie de ensayos en función del tiempo de operación, variando desde revisiones mecánicas sencillas como alineación o control de niveles de aceite, al desmontaje completo del rotor y volante de inercia, con pruebas eléctricas para comprobación del devanado.

### TENDENCIAS Y FUTURO A MEDIO PLAZO

En los últimos diez años, el panorama ha cambiado de manera lenta pero continua; la liberalización del sector eléctrico ha supuesto una manera diferente de enfocar la relación entre empresas eléctricas y suministradores de equipos y servicios, con mayor dependencia, pero también mayores niveles de exigencia de unas sobre otras. La seguridad nuclear, laboral y física co-

bra cada día más protagonismo y forma parte importante de la cultura de operación y mantenimiento de las centrales. El control sobre dosis de radiación individuales y colectivas es una actividad fundamental de cualquier trabajo de recarga y sus resultados son apreciables, estando España en consonancia con otros países de su entorno.

Todo lo anterior contribuye a una industria sana y competitiva pero supone fuertes exigencias para las empresas de mantenimiento en cuanto a:

- Diversificación, necesaria pero siempre siguiendo criterios de rentabilidad que permitan a la empresa mantener una estructura estable muy cualificada.

- Integración de servicios, mejorando con ello la coordinación con clientes, suministradores y empresas afines, sin perder la identidad e independencia de criterio.



Esteban CASTAÑOS RUIZ es Ingeniero Industrial, especialidad Mecánica, por el ICAI. Inició su carrera profesional en 1976 en Westinghouse Nuclear Española donde participó en los proyectos de construcción y puesta en marcha de las varias centrales nucleares. En 1986 ingresó en ENWESA como subdirector del área nuclear para pasar once años más tarde al Departamento Nuclear de Iberinco como responsable de servicios. Desde enero de 2004 es director General de ENWESA.