

PARTICIPACIÓN ESPAÑOLA EN EL DESMANTELAMIENTO DE BARSEBÄCK Y OSKARSHAMN, SUECIA



DIEGO SANTORO

Director U.N. Desmantelamiento
GDES

INTRODUCCIÓN

El grupo español GDES está apoyando desde el 2020 a Uniper Nuclear Service (UNS) en diversos proyectos de desmantelamiento en Suecia, entre ellos la postsegmentación de las vasijas (WP1) de Barsebäck y Oskarshamn y el desmantelamiento del sistema de recirculación del agua del reactor, así como de otros sistemas que se hallan dentro del área del pozo seco, de Barsebäck (PSWP6).

La estrategia de segmentación se basa en una combinación de corte manual mecánico/térmico, para piezas de baja radiactividad, y robótico en el caso de riesgos radiológicos más significativos. Además, las semejanzas entre los reactores facilitan la implementación de un enfoque sinérgico y la mejora continua de la calidad y rapidez del servicio aprovechando las lecciones aprendidas.

Los trabajos de Barsebäck se han concluido con éxito mientras los de Oskarshamn acaban de empezar.

CUERPO PRINCIPAL

Suecia está desmantelando seis reactores nucleares en tres emplazamientos diferentes, Barsebäck (U1 y U2), Oskarshamn (U1 y U2) (gestionados por UNIPER) y Ringhals (U1 y U2) (gestionados por VATTENFALL) (Figura 1).

Es uno de los planes de desmantelamiento más desafiantes a nivel europeo en el cual el grupo empresarial valenciano GDES está participando activamente desde 2020, como subcontratista de UNS en Barsebäck (BKAB) y Oskarshamn (OKG).

El desmantelamiento a gran escala de estas cuatro unidades comenzó en 2020 y durará hasta el 2028. BKAB y OKG se encargan de la demolición radiológica como parte de un

proyecto de colaboración que se divide en varios paquetes de trabajo (por ejemplo, un paquete de trabajo puede involucrar la segmentación y retirada de las vasijas o la retirada de componentes de turbinas y generadores). Este tipo de planificación proporciona una ventaja estratégica a la hora de optimizar los recursos, el tiempo y la logística, mejora el aprendizaje y reduce los riesgos en comparación con otros enfoques.

El servicio de la española GDES se ejecuta en dos fases diferenciadas de aproximadamente dos años por emplazamiento, e incluye la participación de técnicos y especialistas altamente cualificados e involucrados en la instalación, pue-

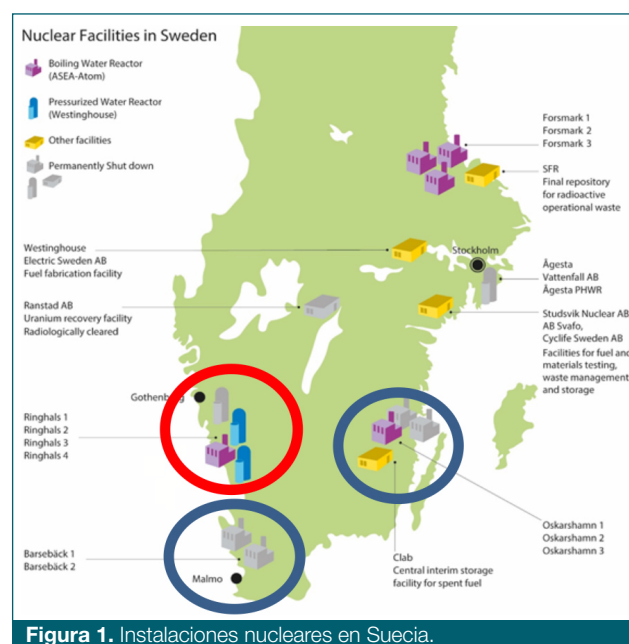


Figura 1. Instalaciones nucleares en Suecia.

ta en marcha, operación y mantenimiento de los equipos de manipulación, izado y corte diseñados y suministrados por UNS, así como en la propia ejecución del desmantelamiento y acondicionamiento de residuos radiactivos.

Este servicio suma otra muestra tangible de la capacidad de la industria nuclear española de aportar valor en proyectos internacionales que requieren un significativo despliegue tecnológico y de personal cualificado, así como de la confianza que empresas tecnológicas globales de primer nivel ponen en la capacidad del sistema español.

En el marco de esta amplia colaboración hispanoalemana cabe destacar las actividades de los proyectos WP1 y PSWP6. El WP1 incluye la postsegmentación de las vasijas y el corte de las tapas del pozo seco en BKAB/OKG además de la segmentación de los CRDH en BKAB. El PSWP6 abarca el desmantelamiento del sistema de recirculación del agua del reactor, así como de otros sistemas que se hallan dentro del área del pozo seco de BKAB. De hecho, la estrategia de desmantelamiento se basa en una combinación de corte manual mecánico/térmico y remoto con robot.

Y es que los dos proyectos representan un muy buen ejemplo de la posibilidad de combinar, incluyendo los retos de estas características, soluciones de alto contenido tecnológico como el sistema robotizado de corte térmico con el que se ejecuta la postsegmentación de la vasija (sin duda el “corazón” tecnológico del proyecto) con herramientas *off-the-shelf*.

Las semejanzas entre los reactores, elemento clave del proyecto, facilitan la implementación de estrategias de desmantelamiento sinérgicas, tanto a nivel de metodologías como de herramientas utilizadas, la reducción de costes y la mejora continua de la calidad y rapidez del servicio prestado aprovechando las lecciones aprendidas en la obra.

En el bienio 2020-2022 se han completado con éxito los trabajos en los dos reactores de Barsebäck, la central nuclear ubicada en Skåne, al norte de Malmö, con dos reactores gemelos BWR de 600 MWe cada uno, que cesaron definitivamente su operación respectivamente en el 1999 (U1) y en el 2005 (U2).

Como comentábamos, la estrategia de desmantelamiento del WP1 está basada en una combinación de corte manual mecánico/térmico, sobre todo para piezas de baja radiac-

tividad, y robótico (en el caso de riesgos radiológicos más significativos).

Previamente a la intervención de desmantelamiento, se instaló la estación de postsegmentación, que consta principalmente del robot de corte, la mesa de soporte de las piezas, la unidad de ventilación para la evacuación de los humos producidos durante la segmentación, las cámaras para la visualización y control remoto de la intervención y la estructura metálica de confinamiento (*Open top Housing*). En la planta principal (sala del reactor), justo encima de la estación de postsegmentación, se montó un nuevo puente grúa para el izado, por medio de diferentes diseños de pinzas oleohidráulicas o útiles específicos, de las piezas procedentes del corte y los contenedores de residuos (Figura 2).

Paralelamente a los trabajos preparatorios mencionados, se cortaron las dos tapas del pozo seco. Las tapas, de 25 t de acero al carbono y con espesores entre 15 y 150 mm, se posicionaron sobre una estructura de soporte especial, confinada dentro de una tienda ventilada. Siendo bastante bajos los niveles residuales de contaminación y radiación, se adoptaron técnicas de corte manual con herramientas industriales, principalmente oxicorte con propano (para el corte de la brida de acero inoxidable de una de las dos tapas se utilizó una sierra circular). Los residuos fueron acondicionados, según el plan de segmentación definido, dentro de contenedores ISO de 20' (Figura 3).

Concluidos los trabajos preliminares se realizó con éxito la segmentación de las tapas de la vasija y la postsegmentación de los anillos, toberas y bridas que procedían del corte *in situ*. Cada vasija, con un peso de 430 toneladas, fue entregada en trece anillos que tenían una altura de 0,9 a 1,8 metros y una masa de 12 a 24 toneladas.

Se utilizó un robot de 6 ejes a control remoto montado sobre un carril de movimiento, equipado con diferentes antorchas, dependiendo del espesor de la pieza a cortar (las piezas se posicionan sobre una mesa giratoria). Los operadores encargados de este tipo de intervención, además de poseer una larga experiencia en mecatrónica, han sido específicamente formados en la programación, utilización, mantenimiento periódico y extraordinario de este tipo de robot. Todos los residuos procedentes de la vasija o tapa de la vasija se acondicionaron, según el plan de segmentación definido, en contenedores 2-KKC (2-KoKill Container) (Figuras 4 y 5).

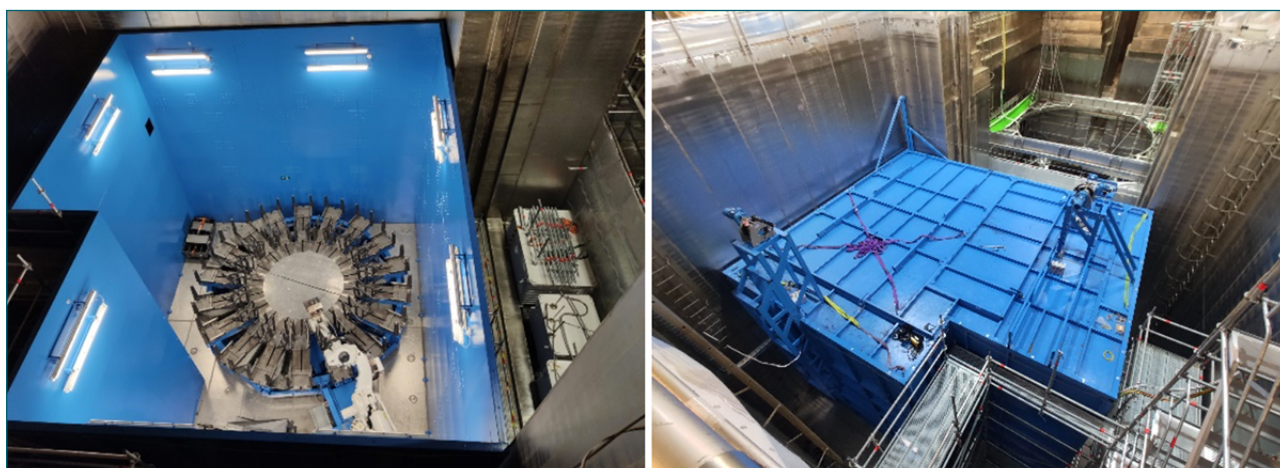


Figura 2. Preparación de la estación de postsegmentación, dentro de la piscina adyacente al reactor 1.

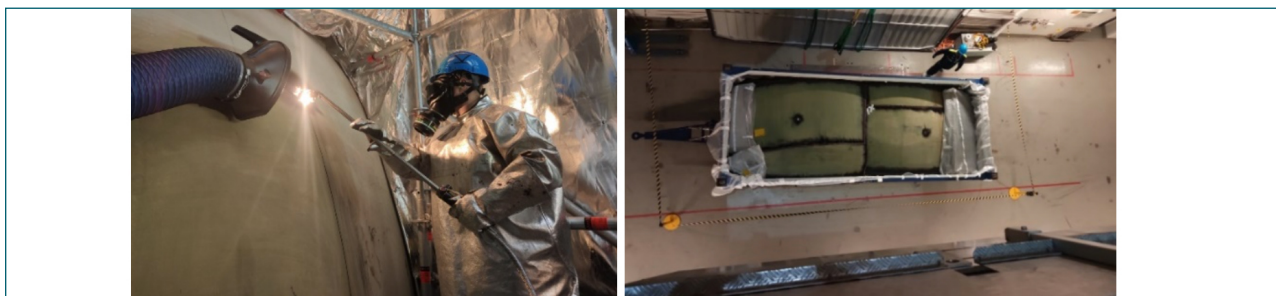


Figura 3. Tapa pozo seco: oxicrote de la tapa del pozo seco y acondicionamiento dentro contenedores ISO.

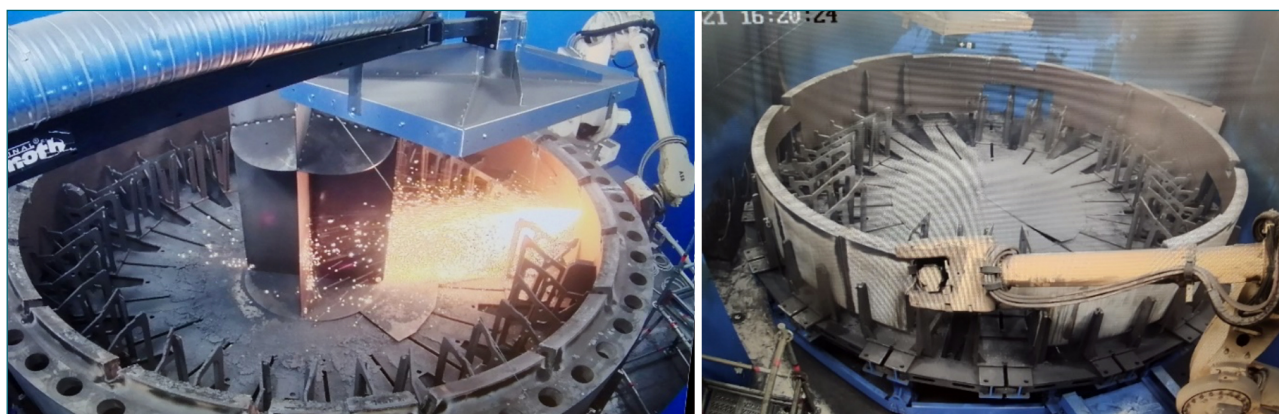


Figura 4. Robot de postsegmentación durante el corte de la brida de la tapa y de un anillo.



Figura 5. Izado de un contenedor Kokill ya relleno.

Sin lugar a duda, el corte de la parte inferior de la vasija (Calotte) representó la fase más crítica del proyecto debido al aumento de la complejidad de las operaciones:

- Programación y corte con poca visibilidad.
- Volteo del Calotte (80 toneladas).
- Necesidad de realizar el corte con muy poco margen de error: ángulo específico y línea de corte entre los CRDM y los NFD.
- Izado y *packing* de piezas de diferentes geometrías y centro de gravedad desconocido.

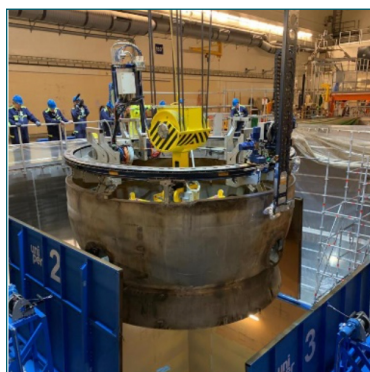
A continuación, se puede ver la secuencia seguida durante el desmantelamiento del Calotte (Figura 6).

En contención, bajo la vasija, los técnicos instalaron un equipo hecho a medida para el corte mecánico de 109 CRDH y 43 tubos NFD (por cada unidad). Se utilizó un equipo específico para desenroscar los tapones de los CRDM, una cortadora de tubo con mandriles a posicionar dentro del CRDM y una sierra de sable para la segmentación de los tubos NFD.

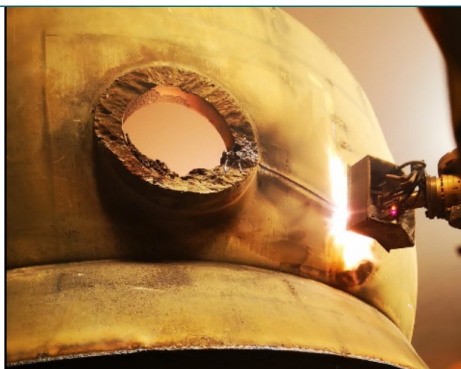
Todos los residuos generados en esta zona se acondicionan, según el plan de segmentación previsto, en contenedores ISO de 20' (Figura 7).

La participación española ha sido también importante en otros proyectos como el PSWP6 que incluye los trabajos preparatorios a la posterior demolición del blindaje biológico, a ejecutar en un área de difícil acceso y con poco espacio para las maniobras de manipulación de los componentes desmantelados.

Se ejecutó la retirada, segmentación y acondicionamiento de los componentes que se hallaban en pozo seco de la U1/ U2 de Barsebäck (bombas, tuberías de alimentación de la vasija, válvulas, plataformas, aislamiento térmico). En conjunto se desmantelaron con éxito 500 toneladas de material procedentes del sistema de recirculación principal, del sistema de suministro de agua, del sistema de refrigeración de



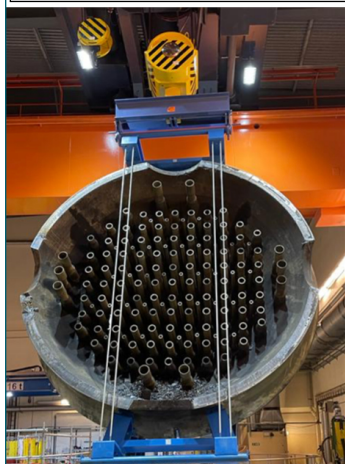
Posicionamiento del Calotte completo en la zona de corte



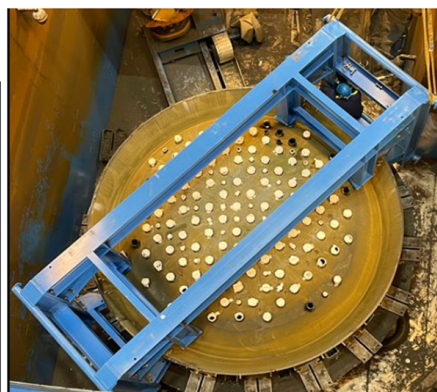
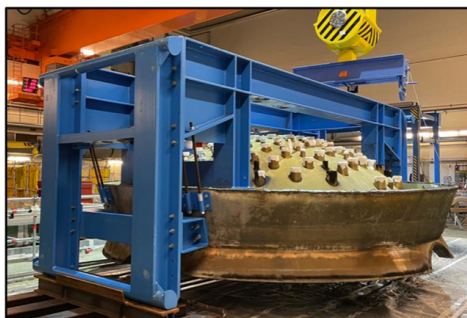
Corte horizontal del Calotte completo: separación del anillo y la zona de CRDM



Retirada del Calotte para realizar el volteo



Volteo del Calotte



Posicionamiento del Calotte en la zona de corte



Corte del Calotte: corte de piezas en figuras tipo cuadrados o rectángulos



Figura 6. Corte del Calotte.

emergencia, del sistema de vapor principal y del sistema de rociadores de emergencia.

La pericia de este proyecto de desmantelamiento descansa en el uso extensivo de corte manual mecánico (radial, cortadoras de tubo) en aras de limitar la generación de humo en una zona angosta y por consecuencia evitar el continuo montaje y desmontaje de carpas de confinamiento. Ocasio-

nalmente y para casos específicos se han utilizado herramientas de corte térmico como lanza térmica (realización del sistema de izado de las carcassas de las bombas) y antorcha de oxipropano (corte final de las estructuras metálicas / soportes).

Los puntos clave para la conclusión exitosa de esta ejecución fueron:

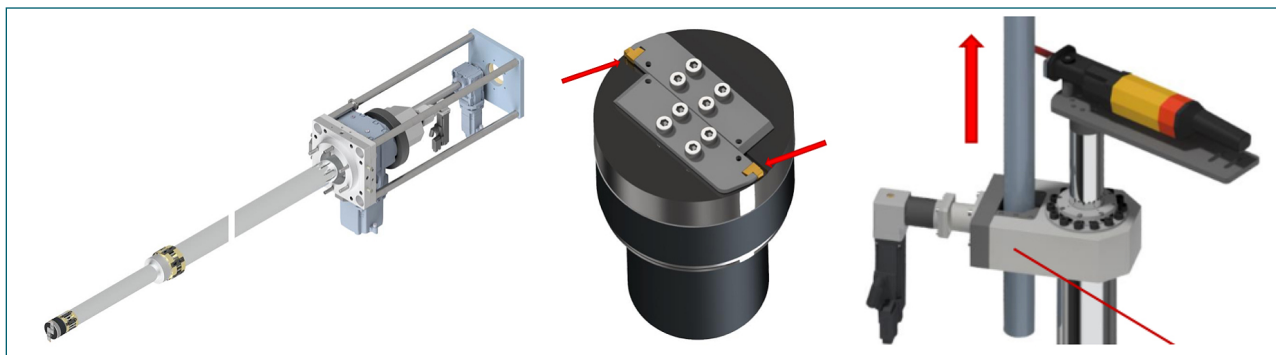


Figura 7. Equipos de corte de CRDMs y NFDs.

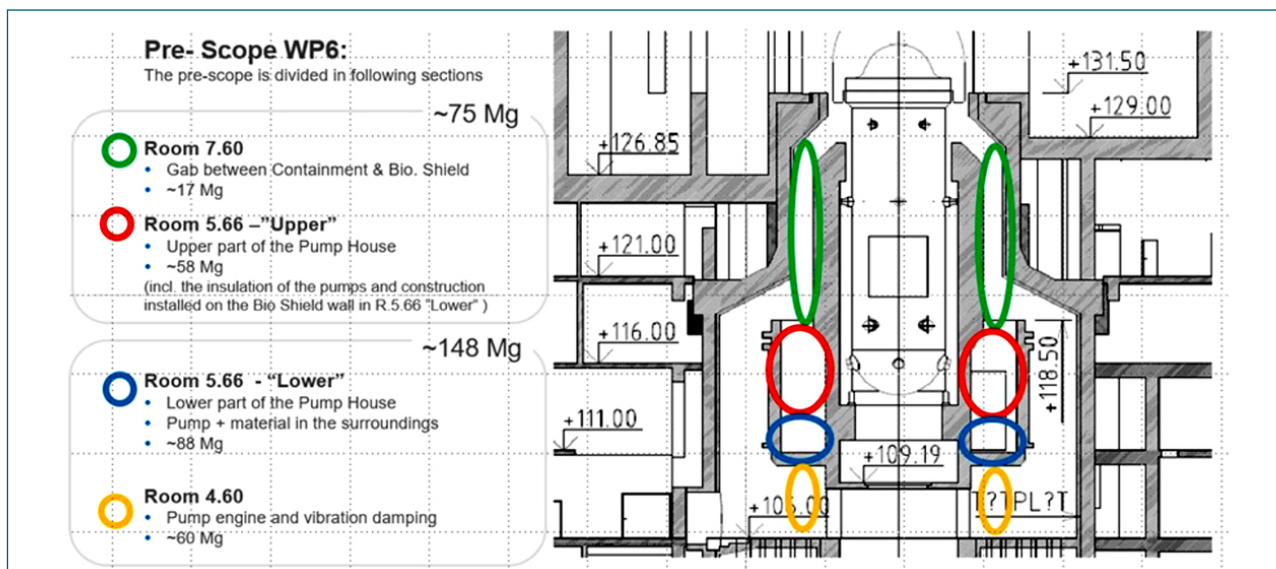


Figura 8. Áreas de trabajo en Edificio Contención (pozo seco).

- Definición del plan de corte a partir de isométricos.
- Utilización de los mismos equipos de corte en las dos fases del proyecto.
- Uso extensivo de andamio para acceder a las cotas superiores.
- La realización de trabajos en paralelo en varios tramos de los sistemas.
- Gestión eficaz de las interfaces con las empresas encargadas de la retirada del aislamiento (teniendo en cuenta la presencia de amianto) y de la realización de las estructuras en andamio.
- Despeje del área de trabajo, procediendo de bajo hacia arriba, con vistas a crear el espacio necesario para retirar y trasladar materiales, ejecutar las operaciones de segmentación y acceder a las cotas superiores.

El área de trabajo, con una altura de 24 m y un diámetro entre 12 m y 21,5 m, se hallaba en el interior del pozo seco (niveles +105 – +129 del edificio contención) e incluía:

- Sala 7.60: espacio anular muy estrecho entre el blindaje biológico y la estructura en hormigón del SPC (*Splinter Protection Concrete*),
- Sala 5.66 superior: parte superior de la estación de bombeo del circuito de agua de recirculación,
- Sala 5.66 inferior: parte inferior de la estación de bombeo del circuito de agua de recirculación,
- Sala 4.60: área amortiguadores y motores bombas circuito de recirculación (Figura 8).

El área 4.60 albergaba los amortiguadores de vibración y los motores de las cuatro bombas de recirculación además de

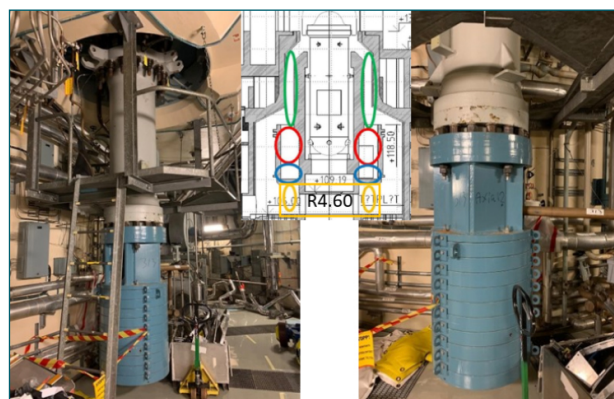


Figura 9. Bomba del sistema de recirculación (amortiguador de vibraciones y motor).

tuberías y estructuras metálicas menores. Para el desmontaje y manipulación de los amortiguadores (que se caracterizan por un diseño modular de diez platillos superpuestos más el cilindro de conexión al motor de la bomba), así como para la desconexión y traslado de los motores de las bombas, se utilizaron equipos y herramientas ya existentes en planta (sistema hidráulico para el enganche y la bajada de los motores, carro de manipulación, destornilladores, cadenas, eslingas, herramienta manual, polipasto, etc.). Los motores fueron acondicionados dentro de contenedores ISO de 20' mientras que las piezas procedentes de los amortiguadores se han entregado en pallets al cliente (Figuras 9 y 10).

En la Sala 5.66 - inferior se encontraba la mayoría del sistema de recirculación (carcasas bombas, válvulas, tuberías),



Figura 10. Enganche sistema hidráulico de bajada motor (foto de la izquierda), traslado por medio de carro, izado con puente grúa y acondicionamiento en contenedor ISO 20'.



Figura 11. Instalación máquina de corte (a la izquierda), izado carcasa con cadenas y puente grúa (al centro), instalación máquina de corte y estructura en andamio para retirada de válvula del sistema 313 (a la derecha).

además de tuberías de ventilación, varias estructuras metálicas y aislamiento.

Las cuatro carcasas de las bombas (en total 36 T) no disponían de pernos de izado; por consiguiente, en BKAB 1 se realizaron (por lanza térmica) cuatro agujeros por cada bomba para consentir el paso de las cadenas de izado. En BKAB 2, con el fin de evitar el uso de la lanza térmica, se utilizaron los pernos de anclaje al motor como punto de izado. La mayoría de los cortes (segmentación de los cuatro tramos del sistema de recirculación, separación de válvulas y bombas) se efectuaron con cortadoras de tubos. Las tuberías de ventilación se segmentaron con sierra de sable y amoladora.

Las tuberías y las válvulas fueron acondicionados dentro de contenedores ISO de 20' de media altura, las bombas dentro de contenedores ISO de 20', las tuberías de ventilación y las estructuras metálicas en contenedores B-BOX (Figura 11).

Las áreas de trabajo a las cotas superiores (5.66, 7.60) albergaban una parte del sistema de suministro de agua (principalmente tuberías) y del sistema de refrigeración de emergencia, la mayoría del sistema de vapor principal y del sistema de rociadores, además de unos conductos de ventilación, el aislamiento y varias estructuras metálicas.

El corte y retirada de los materiales se ha efectuado según la metodología ya mencionada. Los trabajos se han desarro-



Figura 12. Áreas de trabajo en sala 5.66 superior y sala 7.60.

llado en un lugar muy estrecho y sin puntos de anclaje para maniobras de izado. La ejecución ha supuesto un desafío (Figura 12).

Las lecciones aprendidas en los trabajos de la primera unidad han sido fundamentales de cara a lograr aún más eficiencia en el servicio de la siguiente fase.

En el PSWP6, no solamente se optimizaron las técnicas de izado de las bombas, reduciendo significativamente el tiempo de preparación, sino que se mejoró la metodología de desmontaje de algunos de los sistemas optando por la manipulación y traslado de cargas más pesadas hasta zonas de corte más accesibles y de mejor salida para los materiales desmantelados.

En el WP1, las lecciones aprendidas más relevantes que permitieron la mejora no solo del rendimiento sino la reducción de los riesgos inherentes al trabajo, fueron:

- No se realizó la segmentación de los CRD y NFD interiores a la vasija. Las piezas del Calotte se gestionaron con los tubos.
- Modificación del plan de segmentación del Calotte y anillos de vasija para optimizar el almacenamiento posterior.
- Modificaciones del útil de izado para ganar holgura para el enganche de las piezas de anillo.
- Modificación del método de corte del *Spray System* bajo la tapa de la vasija, reduciendo en cuatro veces la dosis.

De este primer bienio cabe subrayar, tal vez una de las mayores dificultades del proyecto, la necesidad de gestionar simultáneamente tareas múltiples con varios equipos de trabajo tanto en distintas ubicaciones dentro de la misma central, como entre los dos emplazamientos (que distan 400 km). En el momento álgido de trabajo GDES desplazó desde España hasta veintidós especialistas que trabajaban en los dos proyectos WP1 y PSWP6 y en dos centrales. De hecho, mientras se acababan los trabajos de BKAB ya habían empezado los de OKG. El entusiasmo y el dinamismo de un equipo de trabajo joven, liderado por supervisores de mayor experiencia en el sector nuclear (la edad media de la plantilla era de menos de 35 años) ha sido, sin duda, un elemento clave del éxito de la primera fase del proyecto.

Este aspecto pone de manifiesto el peso del valor personal y humano, incluso en el ámbito más técnico.

Para el próximo bienio 2023-2024 se prevé la finalización de los trabajos de postsegmentación de los dos reactores de Oskarshamn que se encuentran en estado de desmantelamiento (el tercero todavía se encuentra en operación). Esta central nuclear está ubicada a unos 30 kilómetros al norte de Oskarshamn directamente en el Kalmarsund en la costa del Mar Báltico. Los dos reactores utilizan la tecnología BWR, con una potencia instalada de 494 MW para la Unidad 1 y 664 MW para la Unidad 2. Los trabajos han empezado a finales del 2022 y ya se han completado todas las actividades preparatorias de instalación de la estación de postsegmentación, el corte de la tapa del pozo seco y de la tapa de la vasija, así como la postsegmentación de una parte de la vasija en la Unidad 2.

CONCLUSIONES

Los servicios de desmantelamiento en Barsebäck (BKAB U1/U2) y Oskarshamn (OKG U1/U2) realizados por el grupo español GDES como subcontratista de UNS, son un buen ejemplo de la posibilidad de combinar soluciones de alto contenido tecnológico (postsegmentación de la vasija) con herramientas *off-the-shelf* (desmantelamiento de los componentes que se encuentran en pozo seco de la U1/U2 de Barsebäck).

Las distintas soluciones técnicas aquí expuestas han sido seleccionadas para poder satisfacer con éxito las necesidades de dos instalaciones que permitían aprovechar las semejanzas entre sus reactores e implementar estrategias de desmantelamiento sinérgicas a pesar de su compleja ejecución. Además de la postsegmentación de las vasijas desde España se han proporcionado otros servicios; entre ellos destaca por sus requerimientos el desmantelamiento del sistema de recirculación del agua del reactor.

A fecha de hoy los trabajos de Barsebäck se han concluido y los de Oskarshamn han comenzado con una definición de proyecto depurada y aún más eficiente que en su fase anterior. ■