

Cerrando el Ciclo.

El desmantelamiento total de la central nuclear José Cabrera demuestra la madurez del sector nuclear español

A. Rodríguez

Este artículo trata de poner al lector en perspectiva de la situación de los desmantelamientos de centrales nucleares en el mundo, como una actividad ya consolidada y con un importante futuro de actividad industrial. En detalle se explica el proyecto de desmantelamiento que actualmente está llevando a cabo Enresa en la antigua Central de José Cabrera, aportando datos de los aspectos técnicos más relevantes y novedosos, así como de las lecciones aprendidas reutilizables en otros desmantelamientos. Los antecedentes, la planificación de los trabajos, las actividades ya realizadas y las pendientes por realizar son explicados con detalle, así como su programación temporal.

This article aims to put the situation of the decommissioning of nuclear power plants in the world into perspective as an already consolidated activity and with an important future of industrial activity. The decommissioning project that Enresa is currently performing in the old José Cabrera plant is being explained in detail, by providing data of the newest and most relevant technical aspects as well as the lessons learned to be reusable in other decommissioning projects. The previous background, the project planning, the activities performed and those still to be done as well as their timing are being explained in detail.



ALEJANDRO RODRÍGUEZ
Director de Operaciones
ENRESA

Ingeniero Industrial (ETSIM), Técnicas Energéticas. Diplomado en Análisis de Riesgos. Lleva trabajando en el sector desde 1983. Desde 1991 presta sus servicios en Enresa, como jefe de proyecto, director de obras y actualmente como director de operaciones.

En la actualidad existen en el mundo más de 400 reactores en operación, 144 reactores parados en alguna de las fases de desmantelamiento, o ya clausurados, y 68 reactores en fase de construcción, lo cual nos indica que la energía nuclear en una tecnología madura y sigue siendo considerada a nivel mundial como una fuente de energía necesaria para el desarrollo económico global en muchos países; pero quizá lo más relevante para el tema que nos ocupa es que del total de los reactores en operación más del 40 % de ellos tiene una edad superior a los 30 años en funcionamiento. Podemos deducir fácilmente que los desmantelamientos van a ser una actividad de gran envergadura en las próximas décadas.

En la Figura 1 donde se representan en función del tiempo el número de reactores puestos en servicio y retirados del servicio cada año, es muy significativo el observar la simetría de la tendencia, en la que la amplitud de onda es de similar valor y la semilongitud de onda del orden de 40 años. Pero este gráfico nos sirve fundamentalmente para anticipar

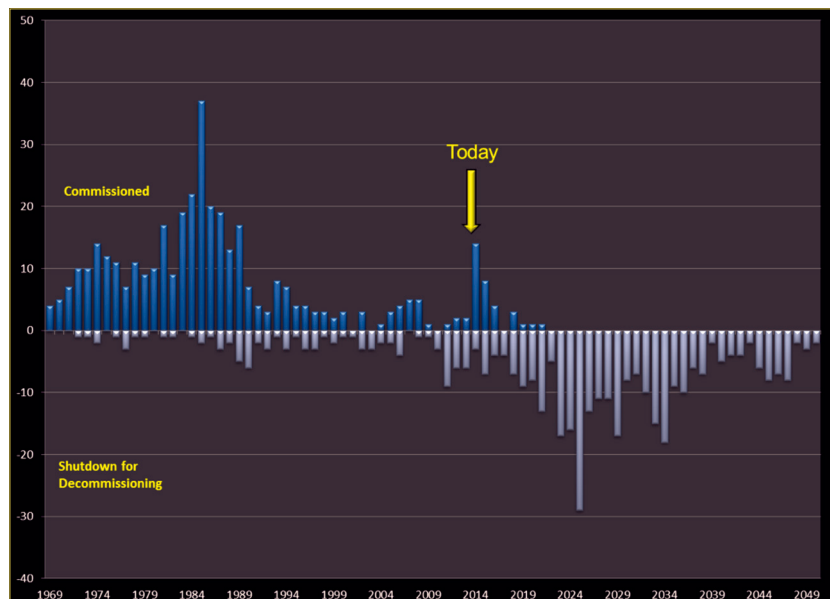


Figura 1. Fuente EPRI, datos de 22 países miembros de EPRI. Datos contrastados hasta 2013, en adelante proyecciones con información disponible hasta 2020. En adelante escenario de bajo crecimiento.

una actividad emergente, que encontrará su máximo hacia la mitad de la década venidera, con volúmenes de trabajo en pico del orden de 30 nuevos desmantelamientos al año.

El sector nuclear español, tiene una dilatada experiencia, en el diseño, construcción, operación y también en el desmantelamiento de las centrales nucleares, por lo que el ciclo de vida

de esta fuente de energía está cerrado demostrando su sostenibilidad.

DESMANTELAMIENTO DE LA CENTRAL NUCLEAR DE JOSÉ CABRERA

El proyecto de desmantelamiento y clausura de CN José Cabrera (PDC), es el primero correspondiente a una central de agua ligera que se acomete en España, siendo también el primero cuyo objetivo es alcanzar el Nivel 3 de desmantelamiento (restauración completa del emplazamiento de la instalación).

Se trata de una central tipo PWR, agua a presión y un solo lazo, diseño Westinghouse de 510 MW térmicos equivalentes a una potencia eléctrica de 160 MW.

Antecedentes y particularidades

La planificación y el diseño del proyecto, actualmente en curso de ejecución, debía atender a aspectos particulares que derivaban tanto de las características especiales del escenario como de la existencia de normativa específica de nueva aplicación.

CN José Cabrera es una central de primera generación diseñada y construida con los estándares vigentes en la época, donde primaban las consideraciones de seguridad nuclear sobre los aspectos específicos de protección radiológica y la filosofía ALARA estaba aún por desarrollar. Pese a los importantes esfuerzos realizados a lo largo de su historia de funcionamiento, la instalación presenta ciertas complejidades a la hora de acometer el desmantelamiento, como son, su pequeño y compacto tamaño, su historial radiológico, la

hidrogeología del emplazamiento, etc.

La existencia de un Almacén Temporal Individualizado (ATI) para el almacenamiento del combustible gastado y los residuos especiales, supone una novedad respecto a proyectos previos. Este ATI, construido en el emplazamiento y ocupado con anterioridad a la transferencia de titularidad de la instalación, se mantendrá operativo durante todo el periodo temporal de la ejecución del proyecto. Se trata de una instalación singular sujeta a reglamentación muy específica, licenciada como una modificación de diseño, pero sin afectación operativa a las actividades de desmantelamiento, posibilitándolo al dejar libre de combustible tanto reactor como piscina.

Dentro de las actividades de pre-desmantelamiento, se llevó a cabo un proceso de descontaminación química del circuito primario de refrigeración y sistemas anexos. Esta descontaminación tenía como objetivo retirar de los sistemas la mayor cantidad posible de actividad de los circuitos de fluidos que presentaban altas tasas de dosis. La retirada de este “término fuente” consiguió una importante reducción de los niveles de radiación en el entorno de los sistemas afectados y ha redundado en una mejora sustancial en las dosis colectivas e individuales de los trabajadores implicados en las tareas de desmantelamiento, así como la gestión de los materiales (residuos) resultantes del desmontaje.

Otro aspecto de particular importancia ha sido la reconversión del Edificio de Turbina, con nueva configuración y equipamiento para convertirlo en el Edificio Auxiliar de Desmantelamiento, instalación

destinada a acondicionar aquellos residuos resultantes del desmantelamiento de una parte de los grandes componentes y de aquellas partes de los internos del reactor que resultan aceptables para su almacenamiento en El Cabril. Este edificio, altamente tecnificado permite la realización de las mencionadas actividades de forma prácticamente remota y el producto resultante, Unidades de Almacenamiento (UA), son directamente transportables para su almacenamiento en celdas de El Cabril.

Desde el punto de vista de la normativa reglamentaria, la autorización de desmantelamiento incluye nuevos y estrictos requisitos de vigilancia desarrollados, algunos de ellos a la luz de la experiencia adquirida, tanto por el ejecutor como por el regulador, en desmantelamientos previos. Para la protección radiológica son de especial relevancia los que atañen al diseño y operación de la ventilación controlada, a los límites y vigilancia de los niveles de actividad ambiental en áreas de trabajo a la metodología de categorización y control de materiales residuales, al proceso desclasificación y a la implantación de la Cultura de la Seguridad en el proyecto.

Las novedades en esta reglamentación han supuesto un importante esfuerzo de planificación, diseño y desarrollo documental que haga compatibles con las circunstancias que impone un escenario de desmantelamiento.

La importancia de una buena planificación

En el caso de José Cabrera se trata de un proyecto novedoso en el sentido de ejecutarse por primera vez en España en una central de agua ligera y hasta un Nivel 3.

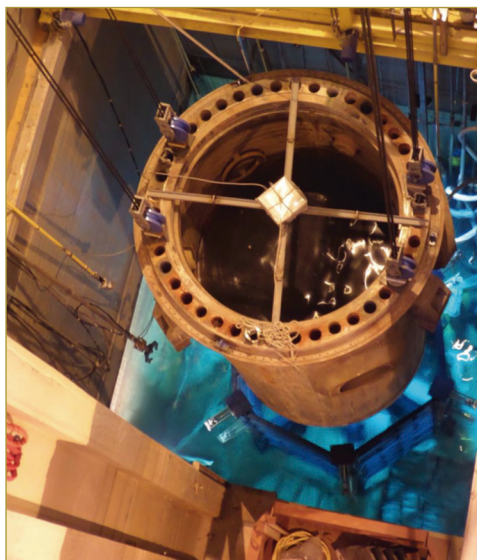


Figura 2. Izado de la vasija del reactor para posicionamiento en la mesa de corte.

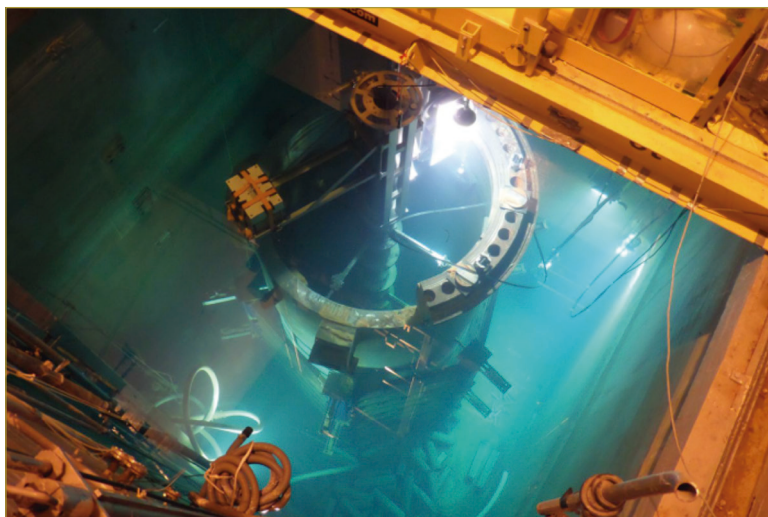


Figura 3. Corte de la brida superior de la vasija del reactor.

La experiencia obtenida en desmantelamientos previos proporciona una ventaja importante en cuanto al conocimiento básico los modos organizativos, de gestión, coordinación e instrumentales. En España el camino recorrido en esta actividad ya es largo. Experiencias como el desmantelamiento de los reactores de investigación Argos (Barcelona 1998-2004) y Arbi (Bilbao 2002-2005); el desmantelamiento de la Fábrica de Uranio de Andújar (Jaén 1991-1995); el desmantelamiento parcial de la central nuclear de Vandellós 1 (Tarragona 1998-2003); el desmantelamiento y restauración de las instalaciones del Ciemat-Pimic (Madrid 2005-2012) han ido aportando experiencia a los equipos técnicos de la empresa, consolidando un activo muy importante, que en estos momentos tiene la compañía y el país, no sólo en los aspectos técnicos sino en los aspectos de gestión y organización de este tipo de proyectos, que son ciertamente singulares.

Sin embargo, aspectos como la configuración física de las instalaciones y componentes, las características radiológicas en cuanto a distribución, niveles y tipos particulares de riesgos difieren de forma sustancial y condicionan muchos aspectos de las soluciones operativas.

Las características de los trabajos de desmantelamiento, metodologías y técnicas, han venido determinadas, entre otros, por:

- Necesidades del proyecto, como son los criterios de acondicionamiento de los residuos, requisitos de segmentación y tamaño, uniformidad física y radiológica del material a acondicionar, etc.
- Naturaleza de los equipos y estructuras, sus dimensiones y geometría, el material de que están hechos, su ubicación y accesibilidad, etc.
- Los requisitos de PR, Calidad y Prevención que reglamentariamente afectan a cualquier trabajo.

Este marco condicional de obligado cumplimiento, debe hacerse compatible con la eficiencia y la seguridad en el desarrollo de un proyecto, su programa, su presupuesto y en la medida de lo posible dentro del valor global de dosis colectiva estimado para el Proyecto que en este caso alcanza a 6,4 Sv.p.

Los trabajos y la situación actual

La mayor parte de los componentes, equipos y sistemas a desmantelar en CN José Cabrera son de naturaleza metálica, de grandes dimensiones y, en mayor o menor nivel están contaminados y presentan niveles de tasa



Figura 4. Desmantelamiento de la ventilación del edificio eléctrico.

de dosis significativos. Más allá de las posibilidades de desmontajes mecánicos manuales, o cortes “fríos” mediante utilización de sierras e hilo de diamante, no existen técnicas “delicadas” de segmentación/corte de material y hay que recurrir a métodos abrasivos o térmicos como son radial, oxicorte, plasma, etc; todos ellos susceptibles de generar importantes niveles de dispersión ambiental y superficial de contaminación radiactiva.

Los requisitos de vigilancia de la ventilación y de los extremadamente bajos niveles de actividad ambiental requeridos en las áreas de trabajo, obligan a diseñar soluciones que compatibilicen ambas necesidades y garanticen además una protección individual óptima de los trabajadores implicados.

En función de las posibilidades disponibles y de las características del trabajo, algunas de las alternativas, independientes o simultáneas, aplicadas han pasado por:

- Descontaminación manual o remota previa a la ejecución del corte.
- Fijación de la contaminación me-

dante aplicación de pinturas o coberturas adherentes.

- Instalación de sistemas de aspiración y filtración HEPA *in situ* dirigidos a los puntos de intervención.
- Construcción de confinamientos estancos en depresión controlada (SAS) dotados de filtración recirculada interior y aspiración filtrada conducida a la ventilación de planta.

Estas sistemáticas permiten, en muchos casos, acometer en condiciones seguras y controladas tareas de corte pesado, agresivo y de alto rendimiento.

En contrapartida, su utilización, puede requerir intervenciones directas y complicadas de personal sobre puntos calientes de radiación así como implicar traslados y maniobras intermedias con grandes piezas desde su ubicación original hasta los SAS de corte, incurriendo en riesgos radiológicos y físicos que es necesario ponderar con antelación.

Una de las actividades más representativas de este desmantelamiento, por novedosa en nuestro país y por



Figura 5. Desmontaje final de la antigua sala de control.



Figura 6. Proceso de corte y acondicionamiento de los internos del reactor.
a) corte bajo agua, b) disposición de los cortes en contenedor c) salida del contenedor hacia el ATI.

el nivel de tecnificación requerido, ha sido la segmentación y acondicionamiento de la vasija y de los internos del reactor, (interno superior e inferior, blindaje térmico y estructura soporte del núcleo).

Los extremadamente altos niveles de radiación producidos por estos



Figura 7. Corte del lazo primario.

elementos metálicos activados (hasta 1.200 Sv/h con presencia mayoritaria de Co 60), exigen que las áreas de segmentación, manipulación y preacondicionamiento en cestas se realicen en su totalidad de forma remota en el fondo de la piscina de combustible y cavidad del reactor y con un blindaje interpuesto de entre 7 y 9 m de agua.

Las técnicas seleccionadas para la segmentación han sido las de corte con dispositivos de sierra de banda, discos de corte y taladros, operados desde un puente de control en superficie.

El principal riesgo radiológico asociado a esta actividad deriva del importante volumen de material metálico finamente fragmentado producido por las herramientas de corte. Estas virutas, fragmentos y partículas calientes, con tamaños variables desde centésimas de milímetro a varios milímetros pueden presentar tasas de dosis locales de entre centenares de mSv/h a varios Sv/h susceptibles de producir exposiciones que obligan a extremar la vigilancia y el control de situaciones.

En el momento de escribir este artículo, el avance total del proyecto es del orden de 65 %, se espera que en verano de 2015, todos los sistemas y componentes del edificio de contención hayan sido retirados y comenzar con el proceso de corte y descontaminación de los hormigones del blindaje biológico y de las cavidades de recarga y fosos de combustible.

La reducción del termino fuente es ya muy significativa desde que en primavera de 2014 se segmentaron y acondicionaron los internos del reactor disponiéndose en el ATI en cuatro contenedores junto con los 12 de combustible gastado.

Las estimaciones actuales apuntan hacia otoño de 2018 para la finalización del proyecto y la solicitud de declaración de clausura. Si bien las actividades más complicadas desde el punto de vista radiológico están prácticamente vencidas; restan por atacar actividades complejas desde el punto de vista de volumen de residuos y dificultad metrológica, como es la descontaminación de los terrenos del emplazamiento y su proceso de medida para declararlos restaurados.

Las principales actividades que faltan por acometer están programadas en el tiempo de la siguiente manera.

Como ya se ha dicho en el año 2015 estará dedicado a finalizar el corte de la vasija y comenzar con el corte y saneamiento del hormigón contaminado del edificio de contención y el consiguiente acondicionamiento de residuos que estas actividades generan.

El año 2016 se centrará principalmente al desmantelamiento de los sistemas del edificio auxiliar toda vez que han perdido y disminuido sensiblemente sus funciones, incluyendo la demolición de la chimenea y de algunos otros edificios menores.

El año 2017 se centrará en el grueso de las demoliciones, de los edificios principales de la instalación nuclear, contención, eléctrico, administración, talleres, etc.. Será el año del cambio morfológico de la planta.

El año 2018, será el año del repliegue, de las medidas finales de verificación del emplazamiento y preparar la documentación para solicitar la declaración de clausura.

Conclusiones y lecciones aprendidas

Enresa, como responsable legal de la ejecución de los proyectos de desmantelamiento de IINN, ha adquirido una

importante experiencia técnica y de gestión. Esta experiencia naturalmente compartida con las organizaciones y empresas colaboradoras y con el organismo regulador, permite desarrollar y afianzar mejoras, dar impulso y contenido a la aplicación de la Cultura de la Seguridad y materializar referencias de optimización de los proyectos que puedan ser utilizables a nivel global.

El desmantelamiento de las centrales nucleares ha dejado de ser una actividad emergente para consolidarse como una actividad más de la industria nuclear, si bien carente aún en algunos países de la financiación adecuada o de una regulación específica. Afortunadamente, el caso español no es este, ya que las provisiones económicas están planificadas y el marco regulador se ha desarrollado suficientemente.

No todo el camino está andado, tenemos aún recorrido por hacer y retos a los que enfrentarnos. Los proyectos españoles mencionados anteriormente, así como las experiencias internacionales que seguimos con atención, nos van arrojando unas lecciones aprendidas y un conocimiento que debemos gestionar para proyec-



Figura 8. Efecto Cherenkov de los internos.

tar el futuro, en particular tenemos como retos de mejora, entre otros:

- Una mayor industrialización de los procesos, aplicando técnicas habituales en otras disciplinas, modificadas con los requerimientos de protección radiológica para su manejo y mantenimiento, y una mayor automatización de las tareas rutinarias repetitivas.

- Una homogeneización de criterios radiológicos operativos, con vistas a una gestión de los materiales residuales de forma coherente y eficaz, y también a la hora de restaurar los emplazamientos para su devolución para usos ulteriores.
- Optimización de los volúmenes de los residuos radiactivos generados, mejorando los procesos de acondicionamiento y los criterios de disposición final, con vistas a una eficiencia global de todo el proceso, desde el corte de las piezas, hasta su almacenamiento definitivo.
- Una adecuación ordenada de los requisitos reguladores, desde los que aplican durante la fase operativa hacia los que deberían aplicar a la fase de desmantelamiento de forma proporcionada a las actividades y los riesgos existentes en cada momento, así como la consideración de la propia naturaleza dinámica del proceso.
- Una gestión del conocimiento que se adquiere en cada proyecto de forma ordenada, documentada y soportada, en los ámbitos de planificación y gestión, técnica y económica, que no se fundamente solo en la traslación de los equipos humanos de unos proyectos a otros.■