

# RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA



20<sup>o</sup> ANIVERSARIO

## DESMANTELAMIENTO



▲ **Entrevista:**  
**Lucila Ramos, Víctor Sola y Alejandro Rodríguez**

*Subdirectora de protección radiológica ambiental del CSN, Director nuclear de Gas Natural Fenosa y Director de operaciones de Enresa*

- ▲ **Marco general y bases de los desmantelamientos de las instalaciones nucleares**
- ▲ **La protección radiológica en los desmantelamientos**
- ▲ **La experiencia nacional en desmantelamiento**
- ▲ **Marco normativo y licenciamiento del desmantelamiento**

Nº 76 • Vol. XX • 2013

**Directora**  
Ángeles Sánchez

**Coordinador**  
Borja Bravo

## Comité de Redacción

Teresa Durán  
Cristina Garrido  
Rosa Gilarranz  
José Gutiérrez  
Sofía Luque  
Alegria Montoro  
Matilde Pelegrí  
Javier Pifarré  
José Ribera  
Borja Rosell  
Inmaculada Sierra  
M<sup>a</sup> Luisa Tormo  
María Ángeles Trillo  
Fernando Usera

**Coordinador de la página electrónica**  
Juan Carlos Mora

## Comité Científico

**Presidente:** José Gutiérrez  
Ignacio Hernando  
Xavier Ortega  
Teresa Ortiz  
Eduardo Sollet  
Alejandro Úbeda

## Realización, Publicidad y Edición:

SENDA EDITORIAL, S.A.

Directora: Matilde Pelegrí

Isla de Saipán, 47 - 28035 Madrid  
Tel.: 91 373 47 50 - Fax: 91 316 91 77  
Correo electrónico: info@gruposenda.net

**Imprime:** IMGRAF, S.L.

**Depósito Legal:** M-17158-1993 ISSN: 1133-1747

La revista de la SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA es una publicación técnica y plural que puede coincidir con las opiniones de los que en ella colaboran, aunque no las comparta necesariamente.



# S U M A R I O

- **Editorial** 3
- **Entrevista** 5  
Lucila RAMOS, Victor SOLA y Alejandro RODRÍGUEZ  
*Subdirectora de protección radiológica ambiental del CSN,  
Director nuclear de Gas Natural Fenosa y  
Director de operaciones de Enresa*
- **Colaboraciones** 16
  - Marco general y bases de los desmantelamientos de las instalaciones nucleares 16  
*Juan Luis Santiago, Nieves Martín, Cristina Correa*
  - La protección radiológica en los desmantelamientos 21  
*M<sup>a</sup> Teresa Ortiz, Óscar González, José Campos*
  - La experiencia nacional en desmantelamiento: 27
    - El desmantelamiento de la C. N. Vandellós 1: seguridad y transparencia  
*Alejandro Rodríguez, Carlos Pérez Estévez*
    - El desmantelamiento de la Central Nuclear José Cabrera  
*Manuel Rodríguez, Manuel Ondaro*
    - Plan integrado de mejora de instalaciones en Ciemat  
*Javier Quiñones, Ester García*
  - Marco normativo y licenciamiento del desmantelamiento: 36
    - La visión del regulador  
*J. Luis Revilla, Susana Solís, Esperanza España*
    - La visión del titular  
*Manuel Ondaro, Cristina Correa*
- **Noticias** 45
  - de la SEPR 46
  - de España 47
  - del Mundo 48
- **Proyectos I+D** 50
- **Publicaciones** 50
- **Convocatorias y Cursos** 52

## Desmantelamiento y Clausura de Centrales Nucleares

Hace algo más de tres décadas empezó a tomarse conciencia clara de que el desmantelamiento de las centrales nucleares, debería de ser una nueva fase a abordar junto con la gestión segura de los residuos radiactivos, para cerrar el ciclo de estas instalaciones demostrando así la viabilidad global de la tecnología nuclear para la generación de energía eléctrica. Hasta entonces todo había sido diseñar, construir y operar, pero desde entonces, y ya ha pasado tiempo, empezó a vislumbrarse el desmantelamiento como una actividad más del ciclo nuclear, una actividad final, a la que más tarde o más temprano todas las instalaciones llegarán, una actividad distinta a sus antecesoras, y con un objetivo final, restaurar los emplazamientos para cualquier uso ulterior que se determine.

En el capítulo IV del Título II del Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas (RIINR), se recogen los preceptos fundamentales que ordenan las actividades de desmantelamiento de las instalaciones nucleares en España; además están en marcha diversos impulsos normativos tanto a nivel nacional como internacional para dotar a estas actividades de la regulación técnica específica, que se verá más en detalle en los artículos siguientes de este número.

En la actualidad existen en el mundo 437 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 es 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 de los 437 reactores en operación más del 40% de ellos tiene una edad superior a los 30 años en operación. Podemos deducir fácilmente que los desmantelamientos

van a ser una actividad de gran envergadura en las próximas décadas.

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) y actualmente aún en curso el desmantelamiento de la Central Nuclear José Cabrera (2010-2017). Todas estas realizaciones llevadas a cabo por Enresa 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. Sobre estos proyectos versarán algunos artículos de este número monográfico.

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, van arrojando unas lecciones aprendidas y un conocimiento que debemos gestionar para proyectar 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, técnico y económico, que no se fundamente sólo en la traslación de los equipos humanos de unos proyectos a otros.

Por último quisiera destacar al modo de resumir el aspecto socioeconómico de esta actividad, diciendo que el desmantelamiento de las centrales nucleares es una actividad industrial con tecnologías específicas, que conlleva nuevas oportunidades académicas, profesionales y empresariales, que deben ser absorbidas y aprovechadas por la sociedad.

ALEJANDRO RODRÍGUEZ  
Director de Operaciones de Enresa



### Secretaría Técnica

Isla de Saipán, 47  
28035 Madrid  
Tel.: 91 373 47 50  
Fax: 91 316 91 77  
Correo electrónico: secretaria@sepr.es

### Junta Directiva

Presidenta: **Eduardo Gallego**  
Vicepresidenta: **Mercé Ginjume**  
Secretaría General: **Beatriz Robles**  
Tesorera: **Elena Alcaide**  
Vocales: **Antonio Gil, Francisco Javier Rosales, Borja Rosell, Carmen Rueda, Rosario Salas y Waldo Sanjuanbenito**

### Comisión de Actividades Científicas

Presidente: **Eduardo Gallego**  
Secretaría: **Isabel Villanueva**  
Vocales: **Josep Baró, Pío Carmena, Carlos Enríquez, Rosa Gilarranz, Margarita Herranz, Carmen Rueda, Pedro Ruiz, Angeles Sánchez y Alejandro Úbeda**

### Comisión de Publicaciones

Presidente: **Borja Rosell**  
Secretaría: **Angeles Sánchez**  
Vocales: **Juan Carlos Mora, José Gutiérrez**

### Comisión de Asuntos Económicos y Financieros

Presidente: **Alejandro Úbeda**  
Vicepresidente: **Eduardo Gallego**  
Vocales: **Pío Carmena, Cristina Correa, Beatriz Robles, Rosario Salas y Carmen Vallejo**

### Comisión de Asuntos Institucionales

Presidenta: **M<sup>o</sup> Luisa España**  
Secretario: **Eduardo Gallego**  
Vocales: **Leopoldo Arranz, David Cancio, Pío Carmena, Pedro Carboneras, Manuel Fernández, José Gutiérrez, Ignacio Hernando, Xavier Ortega, Juan José Peña, Manuel Rodríguez, Rafael Ruiz Cruces y Eduardo Sollet**



# Lucila RAMOS

## Subdirectora de Protección Radiológica Ambiental del Consejo de Seguridad Nuclear

**¿Cuáles son las actuaciones que lleva a cabo el organismo regulador en el proceso de desmantelamiento?**

El Consejo de Seguridad Nuclear tiene un papel destacado en todo el proceso de desmantelamiento, ejerciendo sus funciones reguladoras y controladoras desde el comienzo del proyecto, cuando ya se hacen previsiones para el futuro desmantelamiento de la instalación, y posteriormente llevando a cabo la supervisión y el control de todas las actividades.

Entre las actuaciones concretas, se encuentra la realización de informes preceptivos al Ministerio de Industria para las diferentes autorizaciones en lo relativo al desmantelamiento (autorización previa, de construcción, explotación, cese de explotación y preparación del desmantelamiento, autorización de desmantelamiento, plan de gestión del combustible gastado, declaración de clausura, restricciones de uso de los terrenos del emplazamiento...).

Estas son las responsabilidades del Consejo con respecto al proceso de licenciamiento, pero también lleva a cabo una supervisión mediante inspecciones y control durante el desmantelamiento, equivalente a la que se lleva a cabo en la operación, pero adaptada a las condiciones del desmantelamiento, que son muy diferentes en actividades, en tiempos y en riesgos.

**¿Son significativos los riesgos durante el desmantelamiento?**

En ese periodo, los riesgos son potencialmente menores, porque el reactor ya no está en funcionamiento. Sin embargo, la proximidad de los trabajadores a las fuentes de radiación es mayor, y por lo tanto también es mayor el riesgo de contaminación.



Así, durante todo el desmantelamiento, y especialmente durante la fase preparatoria, existe una cierta situación de dispersión de contaminación que debe estar controlada. Por tanto, el desmantelamiento y las actividades preparatorias requieren una supervisión acorde con esos riesgos. El Consejo realiza inspecciones periódicas y específicas para actividades concretas. Además, diariamente, un inspector residente ejerce control y hace revisiones muy detalladas durante todo el proceso.

**¿Cuáles son las iniciativas más destacadas en relación a la normativa?**

La actividad normativa que el Consejo propone al Ministerio de Indus-

tria es otra de las acciones relevantes, también en el proceso de desmantelamiento. Asimismo, tiene capacidad de emitir instrucciones de seguridad que tienen un rango legal importante ya que son de obligado cumplimiento.

Es importante destacar el esfuerzo normativo desarrollado por el Consejo en temas relacionados con el desmantelamiento, como la edición de instrucciones de seguridad, entre las que se encuentran las relativas a los requisitos para transferencia, archivo y custodia de documentos de protección radiológica previa a transferencia de titularidad en las centrales nucleares, con motivo del desmantelamiento y clausura, a los criterios radiológicos



para la liberación de emplazamientos nucleares y a la desclasificación de materiales residuales.

### ¿Cuál es el nivel de desarrollo de esta normativa con respecto a otros países?

En el ámbito internacional, el CSN forma parte de la asociación de organismos reguladores WENRA, que establece niveles de referencia similares a los criterios de seguridad.

Un grupo específico de residuos y desmantelamiento de esta asociación ha realizado un análisis de cuál es la situación de cada país, en relación con el cumplimiento de esos niveles de referencia. En su estudio se ha comprobado que nuestro sistema legislativo cubre la mayoría de ellos, y para aquellos que no lo están el Consejo ha previsto desarrollar instrucciones a corto plazo. De hecho, alguna está prácticamente elaborada, como la instrucción sobre el desmantelamiento seguro de las instalaciones nucleares.

Asimismo, la edición de Guías de Seguridad, por ejemplo la de Plan de Restauración del Emplazamiento, sirven de referencia.

### ¿El CSN desarrolla proyectos de I+D en esta área?

Sin duda, uno de los soportes más importantes de estas actividades son los proyectos de I+D que el Consejo lleva a cabo, a menudo en colaboración con Enresa y con las universidades. De hecho, en los sucesivos programas de investigación del Consejo se ha ido incluyendo el desmantelamiento y la gestión de residuos como áreas de especial interés.

### La experiencia española

#### ¿Qué significó para el CSN el desmantelamiento de Vandellós I?

El primer laboratorio de desmantelamiento fue Vandellós I. Se trataba de la primera vez que Enresa, el Consejo, todos los afectados y el propio titular afrontaban esa situación. Y lo primero que se puso de manifiesto es que el

desmantelamiento es muy dinámico, ya que se presentan situaciones que van cambiando continuamente y, además, los procesos que se llevan a cabo son irreversibles.

Esto que era un reto, por ser la primera vez para los otros agentes, también lo fue para el Consejo. La sistemática de previsión está establecida de acuerdo a los tiempos y a las características de la operación, y a la experiencia. Sin embargo, en esta nueva situación todo ello ha cambiado, y surge la necesidad de constituir directrices para adecuar los documentos oficiales al desmantelamiento, establecer un control proporcional al riesgo cambiante de las actividades (control preventivo, basado en la garantía de calidad y el entrenamiento, y planificación flexible, definiendo hitos) e instaurar un desarrollo normativo. Además, como objetivo se plantea, con la experiencia, pasar de una normativa "caso por caso" a una sistemática.

La experiencia de Vandellós I ha permitido que los procesos de licenciamiento se lleven a cabo de manera más fluida y sencilla. En lo que se refiere al

control de desmantelamiento, es importante que la actividad del Consejo se adapte a cada uno de los pasos del proceso. En este sentido, el cambio en la percepción del propio cuerpo técnico del CSN ha sido una labor importante.

### ¿Se mantiene la actividad del CSN con respecto a esta planta?

El Consejo sigue teniendo un papel fundamental en Vandellós I, donde hay condiciones que han de ser controladas por el organismo regulador.

Por un lado, existen almacenes de residuos de diferente nivel de actividad, que serán gestionados, transportados y almacenados de forma definitiva en las instalaciones adecuadas.

Merece destacar los residuos de muy baja actividad, que no pudieron desclasificarse en el momento en que se hizo el desmantelamiento por la actividad que tenían entonces y porque no cumplían los criterios de niveles de desclasificación.

Sin embargo, con el tiempo se han dado dos circunstancias: ha decaído la actividad de los residuos, y además





los valores de referencia actuales son más altos que los exigidos en su momento. Todo ello ha llevado a Enresa a solicitar que el Consejo evalúe la posible desclasificación de esos materiales, de forma que aquellos que no sean desclasificables se envíen a El Cabril, mientras que los demás puedan ser gestionados como residuos convencionales.

En el mes de julio, el Consejo informó favorablemente de esa la solicitud de Enresa y se va a proceder a la desclasificación de aquellos residuos de muy baja actividad que cumplan los criterios de desclasificación actuales.

Otro aspecto a destacar es la solicitud, por parte de Enresa, de la liberación parcial del emplazamiento con restricciones para uso industrial. En este sentido, el CSN está a punto de publicar también una guía sobre esta materia, que constituye una metodología para comprobar el estado y niveles genéricos de liberación, que son los que se han derivado de los escenarios más conservadores. Si se cumplen esos niveles y se hace la verificación con esta metodología, el Consejo considerará liberado el emplazamiento.

### ¿Qué actuaciones ha llevado a cabo el Consejo en el Proyecto PIMIC?

El papel del CSN es el mismo en todas

las instalaciones, con independencia de la fase en la que estén: tiene que hacer una supervisión del funcionamiento para garantizar que se lleva a cabo con las medidas de seguridad y protección adecuadas.

El Pimic (Plan Integrado para la Mejora de la Instalaciones del Ciemat) es un proyecto que se compone de dos partes: Pimic desmantelamiento y Pimic rehabilitación. El primero ha sido encargado a Enresa, mientras que el segundo lo desarrolla el propio Ciemat.

El desmantelamiento se encuentra muy avanzado, pendiente fundamentalmente de la descontaminación de la zona denominada *el Montecillo*, donde se depositaron residuos procedentes de las actividades de la primera etapa del ciclo de combustible de la JEN.

También está en curso la retirada, por parte de Enresa, de residuos de muy baja actividad para su almacenamiento en El Cabril. La cantidad generada, superior a la prevista, ha afectado a la planificación del llenado de la celda 29, específicamente diseñada para el almacenamiento de este tipo de residuos.

Una vez concluidas estas actividades de desmantelamiento, y el Pimic -Rehabilitación-, continuarán las actividades del Plan de restauración, que requerirán unos tres años.

### ¿Cuál será el uso final del Ciemat, y qué papel tendrá el CSN en este sentido?

El planteamiento del Ciemat es que la zona quede liberada para uso restringido de actividades de investigación y docencia, y con esta premisa ha propuesto los parámetros de trabajo.

A partir de aquí, el Consejo ha de valorar estos datos, evaluando si se ha tenido en cuenta el escenario adecuado y si todo el proceso se ha hecho de acuerdo con la metodología específica.

Precisamente en este tema, el Consejo se ha especializado en el uso de la metodología MARSSIM para la verificación del estado radiológico de los emplazamientos con vistas a su liberación, una situación que se debe plantear desde el principio de la autorización de desmantelamiento, aunque vaya evolucionando a medida que avanza el propio desmantelamiento.

Uno de los aspectos que se tienen en cuenta en el plan de restauración es el historial de la instalación. Y eso hace que el del Ciemat sea más complejo que el de una central nuclear, porque allí se han desarrollado actividades relacionadas con todo el ciclo del combustible, lo que incrementa el número de isótopos diferentes que pueden encontrarse.

# Victor SOLA

## Director Nuclear de Gas Natural Fenosa

**¿Cuál es el papel de la empresa propietaria en el desmantelamiento de una central nuclear?**

El proceso de desmantelamiento está regulado por el reglamento de instalaciones nucleares y radiactivas. Es el explotador responsable el que solicita el cese de explotación y el Ministerio de Industria el encargado de autorizar el cierre definitivo de la misma. Entre la declaración de cierre y el comienzo del proceso de desmantelamiento hay una fase transitoria en la que operador y empresa desmanteladora tienen que compartir ciertas responsabilidades dirigidas a mejorar las condiciones de seguridad y protección radiológica de la central, desde que se para definitivamente hasta que se trasfiere a la empresa responsable de la gestión de los residuos, que en España es Enresa.

Las responsabilidades en el caso del operador de la central, definidas en el reglamento de instalaciones nucleares y radiactivas son:

- Acondicionar los residuos radiactivos que se han generado durante la vida operativa de la central.
- Retirar el combustible del reactor y de las piscinas. En el caso de José Cabrera, estos residuos se depositan en el almacén temporal individualizado (ATI) con el que cuenta la instalación, y en un futuro serán trasladados al almacén temporal centralizado (ATC). Este proceso se realiza conjuntamente con Enresa, ya que dicha empresa selecciona el sistema de almacenamiento.
- Tener un plan de desmantelamiento aprobado por el Ministerio de Industria, previa aceptación por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), y que se elabora por parte de Enresa.



**¿Qué empresa tiene la titularidad de la planta durante el proceso de desmantelamiento?**

Una vez finalizada la etapa mencionada, la titularidad de la instalación pasa a ser de Enresa, que la mantiene durante todo el proceso de desmantelamiento. La empresa operadora, en este caso Gas Natural Fenosa, conserva la propiedad del emplazamiento y, por lo tanto, de los terrenos.

**¿Cuál ha sido el calendario de la primera parte del desmantelamiento en Zorita?**

En mayo de 2006 se decidió el cierre de la central, y comenzó el proceso de preparación del desmantelamiento, siendo en febrero del año 2010 cuando se ha llevado a cabo la transferencia. El plazo total ha tenido una duración de 44 meses; sin embargo, estamos convencidos de que puede





hacerse en unos tres años, es decir entre 36 y 40 meses; en nuestro caso, más de cuatro meses se perdieron en espera de trámites administrativos.

En este sentido, es necesario hacer una llamada al Ministerio para que agilice el proceso de las autorizaciones, pues mientras se espera a la aprobación del plan de desmantelamiento de Enresa hay un equipo profesional aguardando, con un coste considerable que debería evitarse.

### ¿Cuándo es la fecha de finalización, y en qué condiciones quedará el terreno?

Está previsto que el desmantelamiento termine a finales de 2016, y que el emplazamiento quede totalmente libre para su posterior uso por parte de la propiedad.

Sin embargo, debido al programa de construcción del ATC, es posible que no se termine hasta 2017, ya que hay que trasladar los contenedores de residuos de alta actividad desde el emplazamiento (ATI) a dicha instalación.

### ¿Cómo se ha realizado la retirada de combustible?

La retirada de combustible se hizo con carga a contenedores. Para ello, se diseñó un contenedor especial, porque las centrales de primera generación no tenían previsto la maniobra de carga de combustible en contenedores de almacenamiento en seco.

Además, este tipo de contenedor en seco es mucho más pesado, por lo que se tiene que estudiar muy bien la ruta de carga. Esto implicó hacer modificaciones en el equipo de elevación y acondicionar los espacios.

Una vez definidos todos los pasos, se procedió a cargar el combustible en los contenedores, depositándolos en el lugar previsto para su almacenamiento, a la espera de contar con el ATC. En total, se cargaron 12 contenedores con combustible gastado, más cuatro contenedores que se están actualmente cargando con el material de los interiores de la vasija del reactor.

El resto de los residuos, de media y baja actividad, se trasladarán a El Cabril.

### Teniendo en cuenta la experiencia de Zorita, ¿qué acciones pueden emprenderse de manera conjunta entre la operadora y Enresa?

En mi opinión, una de las principales lecciones que podemos aprender de este desmantelamiento es que se debe tratar de optimizar todo el proceso.

En nuestro caso, aportamos un pequeño equipo de operación y mantenimiento, incluyendo personal de licencia, que se ha integrado en la organización de Enresa. Estas personas conocen bien la planta, y eso permite trabajar de manera ágil y dinámica en el desmantelamiento.

También el operador puede encargarse de otras actividades, además de las que exige el reglamento, y que resultan muy adecuadas para el trabajo de Enresa, como es descontaminar los sistemas para reducir las dosis futuras. En Zorita se hizo la descontaminación del primario, que es una operación complicada porque hay que poner en marcha todos los sistemas auxiliares.

También se pueden emprender modificaciones para simplificar los



sistemas, siempre que se hayan analizado los estudios de riesgos de la instalación. De este modo, el manejo será más sencillo. En Zorita, además, cambiamos las especificaciones de funcionamiento, simplificándolas considerablemente.

Es importante destacar que, para llevar a cabo todo este desarrollo y una adecuada colaboración con Enresa, es fundamental contar con una Ingeniería de propiedad que conozca bien la instalación. En nuestro caso, Gas Natural Fenosa Engineering colabora con Enresa desde el principio del proceso. Su actuación es importante para que el desmantelamiento sea adecuado y eficiente.

### ¿Cómo gestiona la propietaria los recursos humanos cualificados después de la decisión del cierre de la planta?

En el caso de Gas Natural Fenosa, al formar parte de un grupo de empresas hemos podido relocalizar a la plantilla en diversas actividades.

Por ejemplo, tenemos profesionales operando otras centrales térmicas o en el servicio de mantenimiento de las mismas. Otras personas se integraron en actividades ajenas a la generación.

Como he comentado anteriormente, una parte del equipo queda en Zorita, incorporado a Enresa, para el proceso de desmantelamiento.

### ¿Cómo gestiona la propiedad la inversión económica que significa el desmantelamiento de la planta?

Durante la vida útil de la instalación se crea un fondo especial en el que se va reservando el importe necesario para afrontar esta etapa.

Para el desmantelamiento de Zorita hicimos una valoración muy detallada, que se fue revisando, adecuando y adaptando en los últimos años de operación. Como resultado de nuestra experiencia, desarrollamos en Unesa un procedimiento sobre cómo valorar los costes de la etapa de transferencia, que puede ser utilizado por todas las centrales.

El fondo que se dota durante la vida útil lo gestiona Enresa y es importante que se optimice comparando con costes de otros desmantelamientos que se están realizando en el mundo.

### ¿Cuál es el coste del desmantelamiento para la propiedad?

Si nos referimos a la primera parte, es decir a los 44 meses que han transcurrido en la preparación de la instalación, el coste anual de esta etapa se estima entre la mitad y un tercio del coste que tiene mantener la central en operación.

En cuanto a la segunda parte, se financia, como hemos dicho, con el fondo de Enresa previsto en el Plan General de Residuos Radiactivos. En cifras, la aportación de las centrales es de 6,7 €/MWh. Si tenemos en cuenta que el coste del combustible es de unos 4,5 €/MWh, estamos hablando de que pagamos vez y media el coste del combustible para la última etapa de desmantelamiento de la planta y almacenamiento de residuos de alta.

Además, se está planteando que el próximo Plan General aumente el coste considerablemente. Este incremento se uniría a los demás que han sufrido las centrales nucleares en forma de impuestos a la energía y al combustible gastado, y creo que debemos mostrar nuestra preocupación al respecto ya que la rentabilidad de las centrales ha quedado bajo mínimos.

Si bien es cierto que el desmantelamiento es un proceso delicado y muy importante, debemos intentar ser más eficientes. Creo que es un reto a plantear, por ejemplo haciendo benchmarking con países que han logrado unos costes más reducidos. Además, ya tenemos experiencia en el desmantelamiento, y eso permitirá, tanto a las operadoras como a Enresa, optimizar los procesos.

Otra forma evidente de reducir la tasa sería aportando durante más años, o sea, alargando la vida útil de las centrales de acuerdo con los estándares que hay en países avanzados (60 años).





# Alejandro RODRÍGUEZ

## Director de Operaciones de Enresa

### ¿Cuál es el proceso por el cual Enresa asume la titularidad de la central?

En el momento del cese definitivo de la explotación de una central nuclear, Enresa se encarga de preparar un plan de desmantelamiento y clausura, que tendrá que ser aprobado por el CSN y por el Ministerio. Una vez que el Operador ha realizado la retirada del combustible, y el plan ha sido aprobado, se produce la transferencia de la titularidad, que no de la propiedad, mediante una Orden Ministerial.

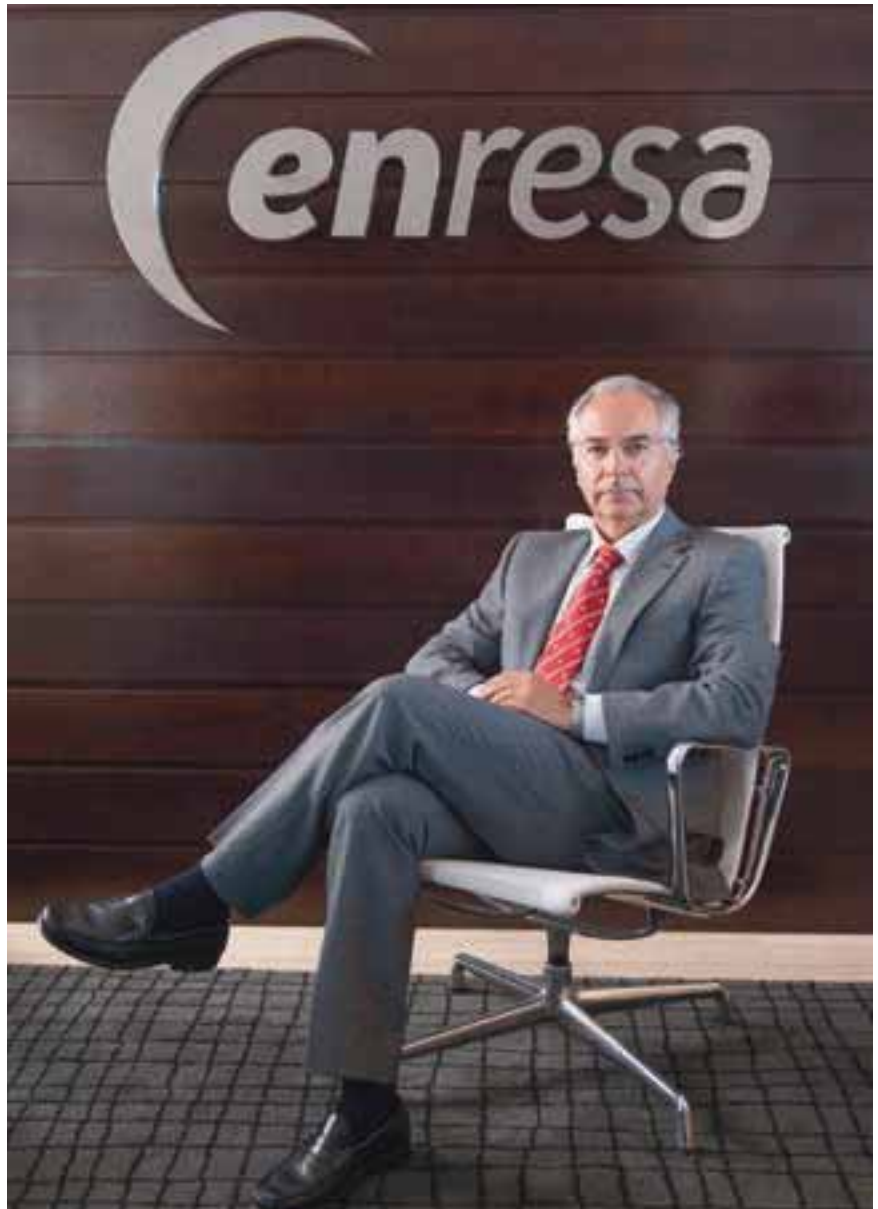
Además, ambas partes, la propiedad y el operador del desmantelamiento, acuerdan en un documento de derecho privado todos los temas relacionados con las concesiones administrativas, así como los aspectos relativos a las interfaces entre ambos, como la situación final de los edificios, las líneas eléctricas o los almacenes, detalles que no están recogidos en la reglamentación administrativa correspondiente.

### Un modelo propio

#### ¿Cómo se define, crea y gestiona el fondo del que salen los recursos para el desmantelamiento?

Tanto el desmantelamiento como la gestión de residuos se financian con un fondo único que se nutre de la tasa aportada por las centrales nucleares. Para su definición, Enresa hace un cálculo de provisión de los gastos en los que se incurrirá durante la vida prevista de las centrales, teniendo en cuenta la retirada y gestión de los residuos, la gestión del combustible y el desmantelamiento.

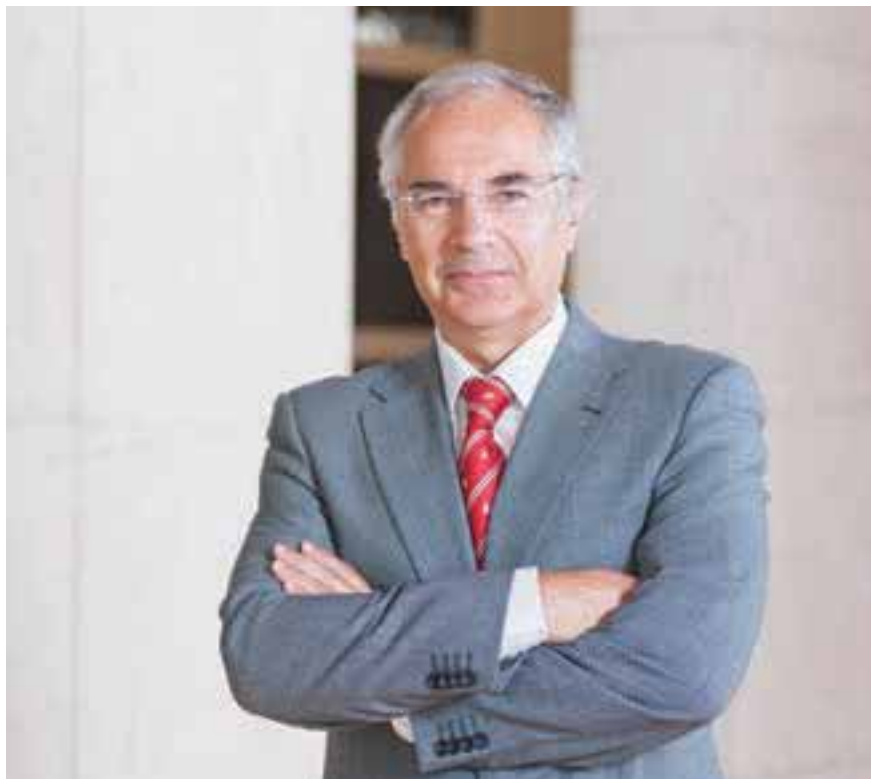
El modelo de cálculo se adapta cada año en función de las expectativas de vida de las centrales, y a partir de estos datos se calcula la tasa que deben provisionar las operadoras para que Enresa haga frente a los gastos derivados de sus funciones como gestor de residuos radiactivos.



#### ¿Este modelo aplicado en España es similar al de otros países?

El modelo español es bastante diferente. En otros países, como Francia, nuestro homónimo Andra tiene la competencia de la gestión de residuos y de

combustible, pero no la de desmantelamiento, del que se encarga el propio operador de la central. En Bélgica, la agencia Ondraf tiene un modelo híbrido según el cual asume la gestión de residuos y realiza los cálculos y las



estimaciones económicas de desmantelamiento.

### ¿Cuáles son las ventajas de este modelo?

Cuando se analiza quién ha de tener esta competencia, la pregunta fundamental es si la tarea de desmantelamiento está más próxima a la operación de la central o a la gestión de residuos. La respuesta, como en muchas ocasiones, no es única. Por una parte, el desmantelamiento necesita del conocimiento de los profesionales que han operado la central para saber las circunstancias de la operación a lo largo de los años y sus formas constructivas; pero también necesita estar próxima al gestor de residuos porque, durante esta labor, se generan grandes cantidades de residuos radiactivos.

En mi opinión, la decisión del Gobierno español de hacerlo así en su momento, y dar la competencia a la agencia gestora de residuos, se ha demostrado positiva, por varias razones.

Desde el punto de vista tecnológico, entendiendo por tecnología la experiencia adquirida con la repetición de las actividades, Enresa acumula un conocimiento importante como consecuencia de los diferentes proyectos que ha desarrollado, desde el desmantelamiento de la FUA (Fábrica de Uranio de Andújar), posteriormente Vandellós I, el PIMIC del Ciemat y, en la actualidad, el desmantelamiento de Zorita.

Esta experiencia no sería la misma si el desmantelamiento debe ser asumido por cada empresa operadora en el momento del cierre de la central.

### ¿Se puede hablar también de ventajas para la empresa propietaria de la central?

Más allá de lo que supone el importe de la tasa, para el sector eléctrico es muy interesante llegar al final de la vida útil de la instalación y transferir los activos a la agencia gestora de residuos. Eso implica que la cuenta de

resultados no se ve afectada negativamente, no genera incertidumbre y facilita la estabilidad de las cuentas.

Lo importante, y en eso coincidimos todas las partes, es que los cálculos sean adecuados, lo que no resulta sencillo porque hay muchas indefiniciones en el proceso de desmantelamiento. En cualquier caso, la experiencia nos permite ajustar cada vez más todo el proceso.

### La experiencia acumulada

#### ¿Qué proyectos de desmantelamiento ha desarrollado Enresa?

El desmantelamiento de la central de Vandellós I fue el primer proyecto importante. Antes se habían llevado a cabo actividades de remediación, muy relacionadas con la primera parte del ciclo, como el cierre de las minas de uranio de Salamanca. La FUA, por su parte, fue un híbrido en el que se realizaron muchas actividades de restauración y movimiento de tierras, pero también se desmanteló una fábrica de concentrados de uranio.

En cuanto al PIMIC (Proyecto Integral para la Mejora de las Instalaciones del Ciemat), ha pasado más inadvertido porque no hubo una transferencia de responsabilidad, ya que Enresa actuó como socio tecnológico.

Y, por último, Zorita está en una fase muy avanzada. Se ha cumplido ya más del 50 por ciento del programa previsto, de acuerdo con el presupuesto, y con muy buenos resultados. Estamos muy satisfechos y orgullosos de este proyecto.

#### ¿Cuáles son las principales lecciones aprendidas que están resultando útiles para el desmantelamiento de Zorita?

Un factor muy importante es la gestión del conocimiento. Los equipos de trabajo que participaron en Vandellós I, y posteriormente en el PIMIC, están trabajando en Zorita, y acumulan una experiencia muy valiosa.

Además, desde el punto de vista organizativo, hemos aprendido que los desmantelamientos son actividades mul-



tidisciplinarios que requieren, por tanto, equipos de trabajo también multidisciplinares, que aporten conocimiento eléctrico, estructural o radiológico.

También hemos aprendido lo que nosotros llamamos la necesidad de espacio. La central, durante su operación, tiene una serie de almacenes de residuos radiactivos, pero que son insuficientes cuando se desmantela. Por lo tanto, la organización del movimiento de personas y equipos durante el desmantelamiento es una labor fundamental.

En cuanto a los sistemas auxiliares, como los sistemas contra incendios, de ventilación o puestos de control de acceso a zona controlada, hay que buscar la modularidad y la versatilidad, porque como toda la instalación está cambiando de manera permanente, de nada sirve que se haga un sistema fijo. Por eso trabajamos con equipos móviles.

En lo que se refiere a la protección radiológica, su gestión en este momento no tiene nada que ver con la realizada en las plantas durante la operación normal, que tienen una cierta rutina operativa, y los riesgos radiológicos son conocidos y constantes. En el desmantelamiento la protección radiológica es un hecho absolutamente cambiante porque se están abriendo flancos constantemente.

Es habitual la reclasificación de zonas en función de las mediciones de dosis en cada momento del proceso. Por tanto, podemos decir que la protección radiológica es la infantería de este cuerpo de ejército, que va por delante caracterizando, midiendo, evaluando el riesgo radiológico, para programar la obra que viene por detrás.



Sin duda, tiene un papel muy importante en el proyecto de desmantelamiento.

**¿En qué situación se encuentra Vandellós I? ¿Por qué no se desmanteló completamente?**

Vandellós I, en estos momentos, está en periodo de latencia. Se desmanteló toda la planta, salvo el reactor, entre 1998 y 2003. Desde entonces, lo que queda allí es un gran cajón de hormigón, en el que permanecen estructuras internas metálicas y el núcleo de grafito sin combustible. Estos elementos están activados, y su actividad radiológica está decayendo con el paso del tiempo.

El proceso de desmantelamiento fue diferente por varias razones. En primer lugar, la estrategia de Enresa es el desmantelamiento inmediato, entendiendo por ello un plazo de tres o

cuatro años después de la parada.

Sin embargo, Vandellós I fue un desmantelamiento sobrevenido por el incidente ocurrido en el año 1989, que obligó a su cierre 17 años después de su puesta en marcha. Además, Enresa era una empresa con pocos años, y las provisiones económicas realizadas hasta entonces eran escasas y las incertidumbres altas.

Por lo tanto, aplicamos un principio de prudencia, tanto en los aspectos económicos como en los técnicos, ya que era la primera vez que Enresa se enfrentaba al desmantelamiento de una central de potencia. En aquel momento, nuestros homólogos franceses, de donde procedía la tecnología de grafito-gas de Vandellós I, no habían desmantelado ninguna planta, y de hecho siguen en estado más retrasado que nosotros. Por otra parte, también se aplicó un

principio de prudencia desde el punto de vista tecnológico, ya que esta central generaba en su desmantelamiento un residuo atípico, el grafito, de baja actividad pero de vida larga, que no es compatible con el centro de almacenamiento de El Cabril.

Por todo ello, se decidió hacer un desmantelamiento intensivo, en cinco años y con un coste de 100 millones de euros, procesando todo menos el reactor, donde están en la actualidad el grafito y los componentes más activados.

**¿Cuáles son los aspectos más destacados del proyecto PIMIC?**

El PIMIC es un proyecto cuyo titular es Ciemat, nuestro accionista, y desarrollado por Enresa.

Podemos hablar de dos etapas diferenciadas. Entre 2005 y 2010 se realizó el desmantelamiento completo de edificios, estructuras, componentes



y sistemas; en suma, todo aquello que está por encima del suelo.

Desde 2010 estamos desarrollando la fase de restauración, en la que se trabaja no sólo en estructuras enterradas, sino también en las dos singularidades de este proyecto: la Lenteja y el Montecillo. La primera es una zona que tiene precisamente esa forma, y que fue el origen de un incidente de contaminación radiactiva del subsuelo. El Montecillo, es la zona donde se arrojaba estéril de minería de las investigaciones del Ciemat con todos los minerales provenientes de Extremadura y de Salamanca, para ver los procesos de concentración del mineral. Por tanto, tiene una radiación que, a pesar de ser de origen natural, no puede mantenerse allí.

En estos momentos, la restauración de la Lenteja ha finalizado, y la del Montecillo está muy avanzada. Estamos trabajando en las canalizaciones subterráneas, y con pequeñas manchas que hay en el subsuelo. Se parece mucho a una labor de arqueología radiológica, que requiere excavaciones y que genera muchos residuos. De hecho, tenemos varios miles de metros cúbicos de tierra contaminada, que se van clasificando y transfiriendo a El Cabril.

### ¿Qué características diferenciales tiene el PIMIC?

Además del hecho de que Enresa no es el titular, hay varias razones que convierten en atípico este proyecto.

Un factor relevante es que debemos asumir el desmantelamiento de cuatro instalaciones —el reactor JEN 1, la planta piloto de reprocesado de combustible, la planta de almacenamiento de efluentes líquidos y la planta de tratamiento de esos efluentes— en medio de un centro que se mantenía operativo, con 1.500 personas trabajando en diversas instalaciones. Para ello, fue necesario establecer un plan de seguridad física importante, intentando entorpecer lo menos posible la actividad investigadora del Centro.

Por otra parte, una complejidad añadida es que, por la naturaleza de sus investigaciones, las instalaciones del

Ciemat tienen productos de “toda la tabla periódica”, lo que resulta muy complejo de gestionar desde el punto de vista radiológico.

En cuanto a las cifras, está previsto que el PIMIC finalice en 2014, con un coste total cercano a los 70 millones de euros.

### La industria como elemento clave

#### ¿Cuál es su valoración sobre la industria española en este campo?

Las empresas que participaron con Enresa en los proyectos de la FUA y de Vandellós I se percataron de que el desmantelamiento podría ser un campo de negocio empresarial relevante, teniendo en cuenta que el número de reactores que están parados o en fases de desmantelamiento es cercano a los 150 en todo el mundo. Por ello, algunas decidieron emprender líneas de mercado en otros países, y están consiguiendo proyectos relevantes.

En ese sentido, la línea de colaboración es clara. Enresa es una empresa pública, con cometidos muy definidos, que no trabaja con cuenta de resultados y, por lo tanto, no somos una empresa de servicios ni asumimos el papel de contrata.

Sin embargo, son muchos los titulares de centrales de diferentes países, como Italia o Francia, que contactan con nosotros para el proceso de desmantelamiento. Es aquí donde establecemos el contacto presentando a las empresas españolas frente a los posibles clientes que requieren esos servicios.

### El papel de la I+D

#### ¿Cuál es el papel de I+D en el proceso de desmantelamiento?

La actividad de desmantelamiento permite abordar diversos proyectos de I+D, tanto los desarrollados específicamente para la actividad, como los que surgen de la experiencia.

En el primer caso tenemos ejemplos muy interesantes. Uno de ellos está relacionado con las medidas de contaminación de los edificios que hemos

de dejar libre para su demolición. Eso requiere medir unos 100 mil metros cuadrados. Para ello, hemos desarrollado un robot que mide todas las paredes del edificio y nos permite sacar una foto radiológica, sin la intervención humana y, por lo tanto, sin dosis, con un ahorro de costes y una mayor eficiencia.

Otra iniciativa interesante es la búsqueda de mezclas de morteros más ligeras para que los contenedores pesen más y puedan albergar más cantidad de residuos. Es investigación aplicada al desarrollo.

Por otra parte, está la I+D que se genera del propio desmantelamiento. Es el caso de un desarrollo reciente, que se ha convertido en un proyecto dentro del Ceiden —la plataforma de I+D del campo nuclear— y que surge de la oportunidad que representa el estudio de materiales en una central como Zorita, que ha estado irradiada durante casi 40 años.

Teniendo en cuenta esta circunstancia, se decidió abordar un proyecto de ámbito mundial, pilotado por EPRI, para recoger trozos de materiales de los internos del reactor, de diferentes aleaciones, para someterlos a estudios metalográficos y ver el efecto de la irradiación durante 37 años.

En este proyecto, la finalidad es doble. Por un lado, valorar la degradación de las propiedades mecánicas, que puedan influir en un alargamiento de vida, y, por otro, estudiar las aleaciones de nuevos materiales aplicables a próximas generaciones de centrales.

### El VII PGRR

#### ¿Cuáles son las previsiones de revisión del Plan General de Residuos Radiactivos?

El 7º Plan General de Residuos Radiactivos está en estos momentos en el Ministerio de Industria. Enresa ha enviado sus propuestas y estamos a la espera de la decisión ministerial.

Este Plan incorporará cambios significativos derivados de la construcción del ATC, y se espera su aprobación en 2014.

# Marco general y bases de los desmantelamientos de las instalaciones nucleares

Juan Luís Santiago, Nieves Martín, Cristina Correa  
ENRESA. Empresa Nacional de Residuos Radiactivos

## RESUMEN

En este artículo se resume el marco legal que define las organizaciones responsables y sus funciones en el desmantelamiento, así como la estrategia española y las principales actividades que constituyen el proceso de desmantelamiento de una instalación nuclear. Asimismo, se describen las actuaciones realizadas y en curso y se mencionan los proyectos más relevantes que han permitido situar a España en el grupo de países con experiencia integral en esta área.

## ABSTRACT

*This article summarizes the legal framework defining the strategies, the main activities and the basic responsibilities and roles of the various agents involved in the decommissioning of nuclear facilities in Spain. It also describes briefly the most relevant projects and activities already developed and/or ongoing nowadays, which have positioned Spain within the small group of countries having an integrated and proved experience and know how in this particular field.*

## ORGANIZACIÓN Y RESPONSABILIDADES DEL DESMANTELAMIENTO

De acuerdo con el artículo 4, apartado e) de este último Decreto, la responsabilidad de la gestión de las operaciones derivadas de la clausura de las instalaciones nucleares corresponde a Enresa. Por su parte, el RINR indica que cuando cesa la explotación de una instalación nuclear, el titular de la autorización de explotación es responsable de las actividades previas al desmantelamiento. Para la concesión de la autorización de desmantelamiento, el titular de la autorización de explotación debe previamente haber acondicionado los residuos radiactivos de operación que hayan sido generados durante la explotación de la misma y haber descargado el combustible del reactor y de las piscinas de almacenamiento del combustible irradiado o, en defecto de esto último, disponer de un plan de gestión de combustible gastado aprobado por el Ministerio de Industria, previo informe del CSN (art. 28).

En base a las disposiciones legales antes mencionadas, estas obligaciones se concretan en un contrato entre Enresa y los propietarios de las centrales nucleares que cuenta con la aprobación del Ministerio de Industria. El contrato fija las responsabilidades de las partes y establece que Enresa tiene, por su parte, la responsabilidad de redactar y presentar para su aprobación ante el Ministerio de Industria el plan de desmantelamiento y clausura de cada central nuclear, tras el cese de su explotación. Una vez finalizadas las actividades

previas al desmantelamiento por el titular de la explotación, y tras la concesión de la pertinente autorización de desmantelamiento, Enresa asume la responsabilidad en la ejecución de las actividades de desmantelamiento, en calidad de titular de la instalación, hasta la concesión de la declaración de clausura, momento en el que el emplazamiento retorna a su propietario.

## ESTRATEGIA DE DESMANTELAMIENTO

La estrategia de desmantelamiento actualmente considerada en España es el desmantelamiento total (Nivel 3 OIEA) e inmediato de las centrales nucleares de agua ligera, a iniciar tres años después de su parada, con una duración prevista de siete años. En el caso de C.N. Vandellós I se ejecutará el Nivel 3 a partir de 2028 con una duración de 10 años.

## EL PROCESO DE DESMANTELAMIENTO

De acuerdo con la legislación española, desmantelamiento es el proceso por el que el titular de una instalación, una vez obtenida la correspondiente autorización, lleva a cabo las actividades de descontaminación, desmontaje de equipos, demolición de estructuras y retirada de materiales, para permitir, en último término, la liberación total o restringida del emplazamiento. El proceso de desmantelamiento termina en una declaración de clausura, que libera al titular de una instalación de su responsabilidad como explotador de la misma y define, en el caso de liberación restringida del em-



plazamiento, las limitaciones de uso que sean aplicables y el responsable de mantenerlas y vigilar su cumplimiento.

Las principales actividades del proceso de desmantelamiento de una instalación nuclear son:

- Planificación, ingeniería y licenciamiento.
- Caracterización radiológica.
- Actividades preparatorias.
- Actividades de desmantelamiento.
  - Desmantelamiento de edificios convencionales.
  - Desmontaje de sistemas y componentes radiológicos.
  - Descontaminación y demolición de edificios.
- Gestión de materiales.
- Restauración del emplazamiento.

### **Planificación, Ingeniería y Licenciamiento**

La fase de planificación del desmantelamiento se inicia una vez que se conoce la fecha de parada definitiva de la instalación, y dentro del marco del contrato entre Enresa y los propietarios de las centrales nucleares. Esta fase comprende las siguientes etapas:

#### *Estudio básico de estrategias*

El estudio básico de estrategias permite evaluar el inventario físico y radiológico y los costes de desmantelamiento y propone la alternativa seleccionada para el desmantelamiento. Posteriormente, Enresa inicia la realización de la ingeniería básica y documentación de licenciamiento del Plan de Desmantelamiento y Clausura (PDC) de la central nuclear, según la alternativa elegida en el anterior Estudio Básico de Estrategias.

#### *Ingeniería básica y documentación de licenciamiento*

El objetivo de esta etapa es la elaboración de la ingeniería básica y de la documentación de licenciamiento del PDC, requerida por el RINR para el licenciamiento y autorización por parte del Ministerio de Industria del PDC. Esta etapa comprende las siguientes actividades:

- Diseño básico del plan de desmantelamiento.
- Documentación de licencia requerida por el RINR y otros documentos necesarios para el licenciamiento y autorización del PDC por parte del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, la Comunidad Europea de Energía Atómica (EURATOM) y las Autoridades Municipales y Autonómicas.

#### *Ingeniería de Detalle*

Esta etapa incluye las tareas propias de ingeniería de detalle; es decir, trabajos de ingeniería y actividades de diseño que tienen como objetivo especificar y licitar la ejecución de las distintas tareas de preparación del emplazamiento y las propias de desmantelamiento a realizar en las etapas posteriores y, en paralelo, llevar a cabo el proceso de licenciamiento con los organismos competentes, incluida la revisión de los documentos preceptivos según proceda.

### **Ingeniería de Obra**

Esta etapa consiste en la asistencia técnica y supervisión de la realización de los trabajos de preparación del emplazamiento y de desmantelamiento propiamente dichos.

### **Caracterización Radiológica**

La caracterización radiológica de una instalación nuclear, de cara a su desmantelamiento, es una actividad que puede iniciarse antes de que la planta haya efectuado su parada definitiva (Figura 1) y que continúa hasta que se produce la liberación total o parcial del emplazamiento. Sus resultados son un elemento fundamental para la planificación del desmantelamiento y, cuando se utiliza como control de las actividades de descontaminación y restauración, permite una optimización de la propia ejecución del mismo.

La caracterización radiológica incluye no sólo la instalación sino también el medioambiente que puede haber sido impactado por la operación de la instalación.

### **Actividades de Preparación del Emplazamiento**

Las tareas de preparación del emplazamiento se inician tras la Parada Definitiva.

El principal propósito de esta Etapa es reducir los riesgos potenciales de la Instalación y preparar el emplazamiento para el desmantelamiento. Incluye las siguientes actividades:

- Acondicionar los residuos de operación
- Evacuar el combustible gastado al Almacén Temporal Individualizado (ATI) o al Almacén Temporal Centralizado (ATC)
- Preparar el emplazamiento para el desmantelamiento, lo que conlleva entre otras la realización de las siguientes actividades:
  - Descontaminación del circuito primario de la Central (Figura 2)
  - Puesta fuera de servicio del conjunto de sistemas, equipos y estructuras no requeridas para el desmantelamiento, incluida la retirada de residuos peligrosos y drenajes.
  - Modificaciones de sistemas existentes o diseño de nuevos sistemas (PCI, eléctricos, ventilación, instrumentación y control, protección radiológica, etc.) como soporte para las actividades de desmantelamiento (Figuras 3 y 4).
  - Construcción/remodelación de instalaciones auxiliares (almacenes de residuos, descontaminación, inmovilización, corte, etc.) y preparación de áreas de trabajo como soporte para las actividades de desmantelamiento.

### **Actividades de Desmantelamiento**

#### *Desmantelamiento de Elementos Radiológicos*

El desmantelamiento de sistemas y componentes en zonas radiológicas es una de las actividades más significativa en cuanto a dosis, riesgo, coste y tiempo.



Figura 1. Caracterización generador de vapor.



Figura 2. Descontaminación circuito primario.



Figura 3. Sistema bombeo PCI.



Figura 4. Unidad portátil de ventilación.

El conjunto de actividades más relevantes de todo el desmantelamiento, es el correspondiente al desmontaje de los Grandes Componentes. Para un reactor PWR los elementos más importantes son la Vasija e Internos, Generador de Vapor, Presionador, Bomba Principal y tuberías del circuito primario.

En el caso de los internos del reactor y de la vasija, debido a la alta tasa de activación de estos elementos, las operaciones se realizarán preferentemente bajo agua (Figura 5) dentro de la cavidad de recarga. Aquellas partes con una actividad específica superior a los límites establecidos en los criterios de aceptación de El Cabril serán almacenadas dentro de contenedores similares a los utilizados para el combustible gastado y dispuestos en el ATI o en el ATC.

Los residuos aceptables en El Cabril se introducen en cestas metálicas (Figura 6) que posteriormente se acondicionarán en contenedores CE-2 a/b, almacenándose temporalmente en el emplazamiento hasta su expedición.

#### Desmantelamiento de elementos convencionales

El desmontaje de elementos convencionales tendrá un tratamiento similar al de cualquier desmontaje industrial, ya que estos elementos no presentan riesgos radiológicos. No obs-



Figura 5. Corte de los internos del reactor.



Figura 6. Cestas metálicas de residuos.





Figura 7. Explanada torres de refrigeración.



Figura 10. Instalaciones de desclasificación.



Figura 8. Descontaminación hormigón.



Figura 11. Almacén de bidones.



Figura 9. Troceado de hormigón.

tante, en algunos casos pueden existir materiales peligrosos que requieran planes específicos de retirada de los mismos, como es el caso de los aislamientos térmicos que contienen fibras de asbestos.

Los componentes que se espera contribuyan en mayor medida al inventario asociado al desmontaje de elementos convencionales, se encuentran en los principales edificios o áreas: Edificio Eléctrico, Edificio Diesel, Transformadores, Torres de Refrigeración (Figura 7), etc.

### *Descontaminación y demolición de edificios*

La descontaminación de paramentos y estructuras se realizará una vez eliminados los componentes de los distintos edificios y finalizada cualquier actividad que pudiera conllevar una nueva contaminación (ruta de paso de residuos, o almacenamiento temporal).

Los edificios y estructuras se descontaminarán (Figura 8) y desclasificarán, si aplica, y demolerán una vez hayan sido desmantelados y desmontados los elementos de la instalación ubicados en ellos. El criterio básico que se establece es que ningún paramento podrá ser demolido sin haber sido desclasificado previamente.

En el caso de los elementos estructurales de hormigón, activados o contaminados, que no puedan ser descontaminados serán troceados (Figura 9) y gestionados como residuos radiactivos.

### **Gestión de materiales residuales**

La gestión de materiales, al igual que la caracterización radiológica, son actividades que se realizan durante todas las fases del proyecto.



Figura 12. Restauración de terrenos .

El desmantelamiento generará una gran cantidad de materiales residuales, debiéndose determinar cuáles serán reciclados y cuáles tratados como residuos (Figura 11).

El objetivo prioritario es reducir el volumen de residuos, tanto radiactivos como convencionales, y favorecer los procesos de reutilización y reciclado en el propio emplazamiento o en el exterior. Para ello, se implantará un sistema de gestión de materiales que garantice el correcto destino de los mismos, especialmente para aquellos materiales que proceden de zonas radiológicas. En este sentido, se pondrá en marcha un sistema que controle todos los materiales procedentes de dichas zonas que, por su historial y sus características, sean candidatos a la desclasificación (Figura 10) y, por tanto, sean susceptibles de ser gestionados como convencionales.

Los escombros de hormigón, por ejemplo, podrán ser reutilizados dentro del propio emplazamiento, los materiales férricos convencionales serán reciclados y los productos tóxicos y peligrosos serán depositados y tratados en instalaciones apropiadas a través de gestores autorizados.

### Restauración del emplazamiento

El Plan de Restauración del Emplazamiento servirá para garantizar que los suelos y edificios que van a ser liberados están limpios de radiactividad residual. Este grupo de actividades contempla, por tanto, la desclasificación de todos los edificios e instalaciones de la Central, la demolición de aquellos que así se determine y el relleno de determinadas cavidades.

El criterio radiológico (0,1 mSv/a) expresado en dosis efectiva, no es una magnitud directamente cuantificable, siendo necesario, a partir de estos criterios, la derivación de unos valores de comprobación que se denominan Niveles de Liberación, y que vienen dados en términos de concentración de actividad.

Una vez caracterizadas y clasificadas, se procederá a la restauración (descontaminación, Figura 12) de aquellas zo-

nas que presenten altos niveles de contaminación. Se prevén distintas actuaciones en función del medio físico contaminado: terrenos, aguas subterráneas o estructuras y paramentos.

Cuando estén finalizadas las actividades de desmantelamiento, se efectuará una Caracterización Radiológica Final, para demostrar, que el contenido radiológico del emplazamiento en su estado final satisface los criterios de liberación, esto es que los niveles de actividad residual de los terrenos y estructuras son inferiores a los Niveles de Liberación propuestos.

### ACTUACIONES REALIZADAS Y EN CURSO

A lo largo de los últimos años, se ha acumulado en España una considerable experiencia en este campo, que incluye los siguientes proyectos:

- a) Desmantelamiento de las instalaciones existentes y restauración del emplazamiento de la Fábrica del Uranio de Andújar (FUA);
- b) Restauración ambiental de espacios afectados por explotaciones y explotaciones de minería del Uranio en diversos emplazamientos;
- c) Desmantelamiento y restauración ambiental del emplazamiento de las instalaciones de tratamiento de mineral de Uranio de la Haba y de las existentes en Saelices El Chico, que incluyen actividades de minería y fabricación de concentrados de Uranio a gran escala;
- d) Desmantelamiento parcial diferido de la central nuclear de 460 Mwe de potencia de Vandellós I, de grafito-gas;
- e) Clausura de reactores de investigación del sector universitario (ARGOS y ARBIS);
- f) Desmantelamiento y restauración de diversas instalaciones obsoletas del CIEMAT;
- g) Desmantelamiento de la central nuclear PWR José Cabrera de 160 Mwe de potencia, actualmente en curso.

De entre los proyectos mencionados, se destaca por su envergadura y relevancia el desmantelamiento parcial llevado a cabo en la C.N. Vandellós I, que ha permitido ubicar a España en el grupo de países con experiencia integral en esta área. La realización de este proyecto en plazo y con el alcance necesario ha sido posible por la existencia de una infraestructura suficiente en el país para garantizar la financiación de los costes, la aplicación de las tecnologías necesarias y la gestión adecuada de los residuos generados, incluido si almacenamiento final.

La experiencia descrita ha permitido el desarrollo de un conjunto de capacidades de diverso tipo que están plenamente disponibles en la actualidad. De forma ligada a lo anterior, se han desarrollado y se dispone de herramientas genéricas y específicas para la planificación, organización, gestión y optimización de las actividades de desmantelamiento, y de bases de datos de experiencias reales. Toda esta experiencia se ha aplicado a la ejecución de diversas instalaciones del CIEMAT, actualmente en fase de retirada y gestión de terrenos contaminados, y se está aplicando al desmantelamiento y clausura de la C.N. José Cabrera, en curso desde febrero de 2010.

# La protección radiológica en los desmantelamientos

M<sup>a</sup> Teresa Ortiz, Óscar González, José Campos  
ENRESA. Empresa Nacional de Residuos Radiactivos

## RESUMEN

Desde el punto de vista de la protección radiológica el desmantelamiento de una instalación presenta una serie de características diferentes a las de la operación normal, como son la variación continua del tipo y nivel de los riesgos radiológicos y convencionales y el hecho de que las actividades se realizan sobre equipos y sistemas sobre los que nunca se ha actuado. Además, algunos de los sistemas de protección están fuera de servicio y deben sustituirse por equipos portátiles. Por otra parte muchos de los trabajadores que participan no están acostumbrados a los trabajos de desmantelamientos e incluso no han trabajado antes con radiaciones ionizantes. En este artículo se describe la experiencia de ENRESA en los desmantelamientos de instalaciones nucleares.

## ABSTRACT

*From the point of view of radiological protection, the dismantling of a facility presents a series of characteristics that set it aside from normal operation, such as for example the continuous variation of the type and level of the radiological and conventional risks and the fact that activities are performed on equipment and systems that have not been acted on previously. In addition, certain of the protection systems are left out of service and have to be replaced with mobile systems. In other hand many of the participating workers are not accustomed to dismantling tasks and even not have worked before with ionising radiations. In this article the ENRESA experience on the dismantling of nuclear facilities is described.*

## INTRODUCCIÓN

La Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA) ha realizado el desmantelamiento de la central nuclear de Vandellós 1 y de un reactor experimental y de diversas instalaciones de investigación en el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT). En la actualidad está llevando a cabo el desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera que disponía de un reactor de agua a presión.

Desde el punto de vista de la protección radiológica los desmantelamientos tienen una serie de peculiaridades que van desde los cambios continuos en el tipo y nivel de los riesgos radiológicos y convencionales, hasta la actuación sobre equipos y sistemas sobre los que nunca se ha intervenido. A esto hay que añadir la progresiva puesta fuera de servicio de los sistemas de protección que estaban disponibles durante la operación y que deben ser sustituidos por equipos portátiles. Por otra parte los trabajadores que participan en estos trabajos no están acostumbrados a trabajar en actividades de desmantelamiento e incluso, muchos de ellos, ni siquiera están acostumbrados a trabajar con radiaciones ionizantes. Finalmente el volumen de materiales residuales a gestionar, tanto como residuos radiactivos como convencionales, es muy elevado siendo necesaria una buena segregación y caracterización de los mismos.

En este artículo se describe la aplicación de la Protección Radiológica (PR) en los desmantelamientos y se entra en detalle en los aspectos más relevantes del desmantelamiento

de CN José Cabrera ahora en curso. En las referencias [1] a [8] se puede encontrar más información sobre los aspectos particulares de la PR y las lecciones aprendidas en los desmantelamientos ya realizados por Enresa.

## APLICACIÓN DE LA PR EN LOS DESMANTELAMIENTOS

### Organización de PR

Durante la ejecución de un desmantelamiento es necesario reforzar la organización de PR que ha estado implantada durante la etapa operativa ya que ya que las actuaciones de PR se ven incrementadas, tanto a nivel de planificación y control como de ejecución. Uno de los aspectos más importantes es la asignación de personal de apoyo a todos los niveles, algunos de los cuales pueden pertenecer a la plantilla del anterior titular, aunque la mayoría pertenecerá a empresas de servicios. Esto puede provocar problemas de relaciones ya que unos conocen muy bien la planta y los modos de hacer en PR del anterior titular y los otros conocen mejor las actividades de desmantelamiento y los cambios que deben introducirse en la PR operativa. La organización de PR puede estructurarse de la manera siguiente:

- **Jefatura de PR:** debe contarse con al menos dos diplomas de Jefe de PR que habrá concedido el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) de manera específica para el desmantelamiento.
- **Oficina técnica:** se ocupa del seguimiento de los requisitos de los trabajadores expuestos, de la formación y de la



emisión de informes. También puede estar involucrada con la evaluación de las medidas para la desclasificación de materiales, paramentos y suelos.

- **PR operativa:** se encarga de realizar las vigilancias y controles radiológicos de los trabajos, control de los puntos de tránsito, ayuda al desvestido, etc. También se ocupa de la emisión y control de los Permisos de Trabajo con Radiaciones (PTR) y de las dosis operacionales y de todos los aspectos relacionados con la aplicación del criterio ALARA.
- **Laboratorio y medidas radiológicas:** incluye la medida en el laboratorio de las muestras de PR operativa y de los efluentes, del control y verificación de los equipos del laboratorio y de los equipos portátiles y de las medidas de desclasificación.
- **Área ambiental:** lleva a cabo las actividades del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental (PVRA) y del Programa de Vigilancia Ambiental (PVA) y de los cálculos de dosis al exterior (MCDE).

### Programa ALARA

Un aspecto muy importante en un desmantelamiento es la aplicación del criterio ALARA en la que tiene que estar involucrado todo el personal de la instalación, que debe ser consciente del riesgo radiológico existente y de los medios requeridos para minimizarlo. Asimismo las empresas contratistas deben adquirir el compromiso de promover la cultura ALARA, de proponer e implantar las técnicas y métodos ALARA y de asegurar la formación y el entrenamiento de su personal.

La estructura organizativa, en la que se basa el programa ALARA, debe ser multidisciplinar participando en ellas ejecución, mantenimiento, gestión de materiales, contratistas y trabajadores. Esta estructura se compone de un Comité ALARA y de los grupos ALARA. El comité ALARA está compuesto por la dirección del emplazamiento y los diferentes responsables de la organización siendo sus tareas principales el establecimiento y seguimiento de los objetivos ALARA junto con la revisión y análisis de los trabajos y técnicas ALARA que se pueden implantar. Los grupos ALARA, constituidos por personal de PR y los responsables de la ejecución de cada trabajo, se constituyen para los trabajos concretos con mayor riesgo radiológico y que requieren el estudio ALARA.

El estudio ALARA es otra herramienta de gran utilidad para la minimización de las dosis en los trabajos y se requiere en función de unos criterios que se establecen a priori y que están relacionados con la dosis colectiva estimada, con el nivel de contaminación superficial o ambiental existente, con la tasa de dosis en área, con la duración del trabajo, etc. La posibilidad de existencia de contaminación alfa ambiental tanto hace necesario la realización de un estudio ALARA.

Dentro del programa ALARA se establecen objetivos numéricos en términos de dosis colectiva o máxima individual que pueden ser un valor fijo o un porcentaje de reducción de la estimación realizada.

### Control radiológico del personal

El control radiológico del personal se lleva a cabo, como en la etapa operativa de la instalación a desmantelar. Para la dosimetría externa se utiliza la dosimetría oficial por termoluminiscencia (TLD) y los dosímetros de lectura directa. Para la contaminación interna se utiliza el control mediante el contador de Radiactividad Corporal (CRC), siendo la novedad en los desmantelamiento la necesidad de hacer controles por bioanálisis en el caso de presencia de emisores alfa o beta puros.

El alcance de estos programas de bioanálisis se define en función de los isótopos presentes lo define el Servicio de Dosimetría Personal Interna autorizado por el CSN. El sometimiento de los trabajadores a estos programas tiene sus complicaciones porque no están habituados a este tipo de controles, que supone la recogida de muestras de excretas no exenta de dificultades. Por otra parte, en el caso de los emisores alfa, la detección de actividad a nivel de trazas, con la incertidumbre que lleva asociada, puede derivar en una asignación de dosis elevada, cuando, como es habitual, no se conoce el momento de la incorporación, ni las características físico-química del contaminante, lo que implica el uso de factores conservadores que llevan a dosis más altas de las que realmente ha recibido el trabajador.

### Control radiológico de los trabajos

El control radiológico de los trabajos en un desmantelamiento no se diferencia básicamente en el que se realiza en la operación normal o en las recargas, si bien tiene algunas peculiaridades que deben ser tenidas en cuenta, como son las que se indican a continuación.

- La realización simultánea, continuada y evolutiva de los trabajos de desmantelamiento en las diversas zonas radiológicas de la instalación, que conduce a una reconfiguración radiológica, zonal y de accesos casi continua, así como de los sistemas de vigilancia de la radiación asociados.
- La reducción, e incluso anulación, de los sistemas de vigilancia fijos de PR a medida que se van realizando los desmontajes, junto con la necesidad de vigilar riegos con mayor importancia en los desmantelamientos respecto de la operación normal, como es el riesgo de contaminación ambiental (Figura 1), que se ve aumentado tanto por las operaciones de corte como por la desaparición de los sistemas fijos de ventilación que tenía la planta.
- La evolución progresiva y cambiante de los niveles de irradiación bajos en general en la operación normal, siendo más significativos en los trabajos de descarga de circuitos, extracción de filtros y acondicionamiento de residuos. Así como en la actuación sobre componentes con niveles de tasa de dosis muy elevados sobre los que no se interviene en la operación.
- La evolución a la baja de los niveles de contaminación pero que deben tenerse en cuenta permanentemente durante todos los trabajos, particularmente, como ya se ha indicado, los niveles de contaminación superficial y ambiental alfa.





- La producción de efluentes, gaseosos debidos a los sistemas reconfigurados de ventilación y en general portátiles, y líquidos debidos a los trabajos de limpieza y descontaminación de los sistemas, materiales, indumentaria y equipos.
- La producción de residuos, fundamentalmente tecnológicos varios, además de los materiales propios del desmantelamiento.

La manera de hacer frente a esta situación es el aumento de capacidades de medida, tanto en número de equipos como en el tipo de los mismos y en el número de personas encargadas del control radiológico. Asimismo un seguimiento estricto de las condiciones impuestas en las órdenes de trabajo y en los Permisos de Trabajo con Radiaciones (PTR) sirve para asegurar que el estado

radiológico de la planta no se modifica sin que sea conocido lo que obliga a un control directo de los trabajos. La utilización de técnicas de vigilancia especiales como balizas portátiles de medida en tiempo real de la contaminación ambiental, con capacidad de detección alfa-beta-gama, y control y visualización remota (Figura 2), en todas las áreas de desmantelamiento susceptibles de presentar riesgo de contaminación ambiental son de gran ayuda para realizar el control radiológico de los trabajos. También la utilización de cámaras de televisión facilita el seguimiento de los trabajos desde el puesto de control de PR lo que reduce la necesidad de presencia continua en los tajos.

### Control radiológico de los materiales

La gestión de los materiales que se generan en los desmantelamientos es otro de los aspectos claves para PR. Todos estos materiales pueden agruparse inicialmente en tres grandes grupos: materiales convencionales provenientes de zonas no radiológicas, materiales desclasificables procedentes de zonas radiológicas (convencionales o con contenido radiactivo) y residuos radiactivos. Los materiales del grupo de los desclasificables deben ser sometidos al proceso de desclasificación que llevaba asociado una serie de controles desde el mismo momento que se generaban. Las funciones y responsabilidades del Servicio de PR en relación con la gestión de materiales son las siguientes:

- Realización de las determinaciones radiológicas del proceso de control de materiales y las complementarias al mismo.
- Realización de las pruebas periódicas de los equipos y sistemas de medida de su responsabilidad.
- Control de Calidad del proceso de medida.



Figura 1. Baliza de control de la contaminación ambiental en una zona de trabajo.

- Actualización y edición de las fichas de las unidades de manejo de los materiales (UMA) y su envío al área de Clasificación y Control.
- Elaboración de los documentos de su responsabilidad previstos en el Plan de Gestión de Materiales y en sus procedimientos.
- Emitir las certificaciones finales de contenido o de ausencia de material radiactivo.

Para ello se utiliza la instrumentación portátil típica de PR (radiómetros, medidores de contaminación con sonda de gas o de centelleo, espectrómetros portátiles con detector de INa, etc) (Figura 3), junto con equipos de espectrometría con detector de germanio portátiles (tipo ISOC) y con equipos fijos de medida espectrométrica de la actividad (tipo Box-Counter). Información detallada de todo este proceso se incluye en la referencia [3].

## DESMANTELAMIENTO DE LA CENTRAL NUCLEAR DE JOSÉ CABRERA

El proyecto de desmantelamiento y clausura de la C. N. de 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

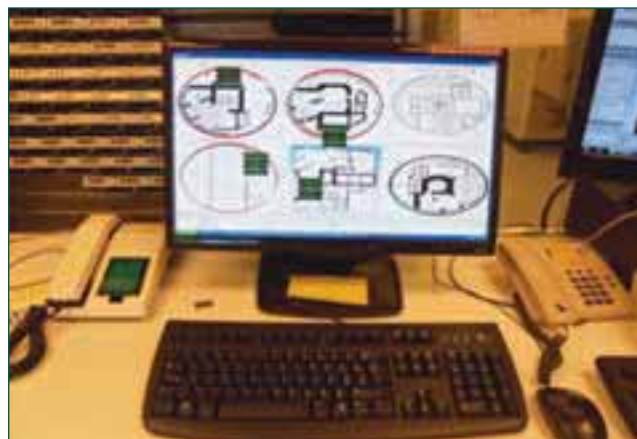


Figura 2. Pantalla con la lectura de las balizas.



Figura 3. Equipos portátiles de PR.

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 circunstancia mencionada ha impuesto algunas limitaciones a las posibilidades de modificación del diseño original y los modos de operación cuyo objetivo era la optimización radiológica.

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 la mayor parte del periodo temporal de la ejecución del proyecto. Se trata de una instalación altamente singular sujeta a reglamentación muy específica con un impacto importante en las actividades de Protección Radiológica relativas a la vigilancia operacional y al exterior.

Dentro de las actividades pre-desmantelamiento, se llevó a cabo un proceso de descontaminación química del interior del circuito primario de refrigeración y sistemas anexos. Esta descontaminación tenía como objetivo extraer de los sistemas la mayor cantidad posible de actividad de los circuitos líquidos 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 redundando en una mejora sustancial en las dosis colectivas e individuales de los trabajadores implicados en las tareas de desmantelamiento y gestión de los materiales (residuos) resultantes del desmontaje.

Otro aspecto de particular importancia ha sido la construcción, equipamiento y puesta en operación del 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 los haga compatibles con las circunstancias que impone un escenario de desmantelamiento.

### Retos y soluciones aplicadas

El enfoque de la Protección Radiológica y de la política ALARA durante un desmantelamiento, tanto a nivel de planificación como de práctica operativa, debe hacerse teniendo en cuenta aspectos como los mencionados anteriormente.

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. La experiencia obtenida en desmantelamientos previos proporciona una ventaja importante en cuanto al conocimiento básico los modos organizativos, de gestión, coordinación e instrumentales. 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 operativos de la implementación de la Protección Radiológica.

Las características de los trabajos de desmantelamiento, metodologías y técnicas, vienen determinadas 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.

La mayor parte de los componentes, equipos y sistemas a desmantelar en la CN de José Cabrera son de naturaleza metálica, de grandes dimensiones y, en mayor o menor nivel están contaminados y presentan niveles de tasa 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 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 mediante 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 pesadas, agresivas 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 (Figura 4) 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 el nivel de tecnificación requerido, ha sido la segmentación



Figura 4. Extracción del rotor de la bomba de recirculación del primario.

y acondicionamiento de los internos del reactor (Figura 5). Los extremadamente altos niveles de radiación producidos por estos elementos metálicos activados (hasta 1200 Sv/h con presencia mayoritaria de Co 60), exigen que las áreas de segmentación, manipulación y pre acondicionamiento 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 profundas y/o superficiales importantes que alcancen, en el segundo caso, el umbral de efectos deterministas, esta circunstancia obliga a extremar la vigilancia y el control de situaciones que puedan dar lugar a esas exposiciones, por ejemplo:

- Extracción inadvertida o no controlada de herramientas sumergidas con partículas o fragmentos adheridos (Figura 6) con dosis en área de decenas a centenares de mSv/h.
- Manipulación directa de material en la reparación de equipos, sustitución de elementos de corte, cambios de posición de dispositivos, etc, extraídos del agua que hayan sido inadecuadamente descontaminados o chequeados radiológicamente y presenten partículas calientes ocultas.
- Dispersión no controlada de residuos secundarios de limpieza y descontaminación con partículas o fragmentos de activación.
- Contaminación directa y por tiempo prolongado (minutos a horas) en piel o sobre vestuario de los trabajadores implicados en los trabajos.

La evidencia de estos riesgos radiológicos y su prevención exige establecer procedimientos rigurosos de planificación, control y vigilancia radiológica de personas y materiales, protocolos de uso de las protecciones personales y colectivas así como medios instrumentales específicos de detección, medida y caracterización radiológica y metodologías de evaluación de dosis personales para contaminación por "partículas calientes".



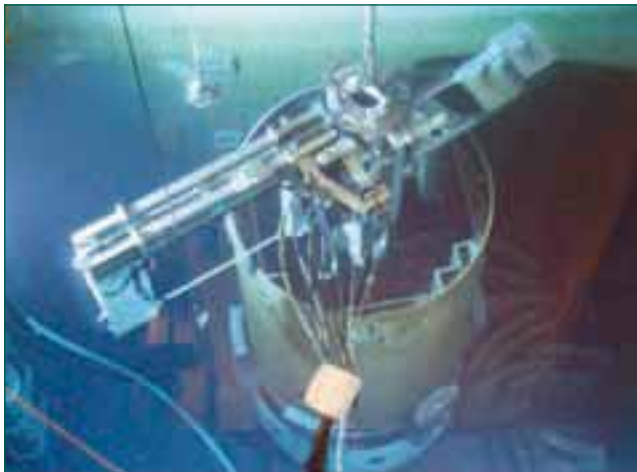


Figura 5. Herramienta de corte sobre internos del reactor (CNJC).

### Conclusiones y lecciones aprendidas

ENRESA, como responsable legal de la ejecución de los proyectos de desmantelamiento de instalaciones nucleares, 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.

La aplicación de estas lecciones aprendidas en el ámbito de la Protección Radiológica cubre diversos aspectos, entre ellos:

- Anticipación en la identificación de los riesgos particulares derivados de las distintas metodologías de corte y despiece de materiales y equipos complicados desde el punto de vista dimensional y radiológico. Desarrollo de programas y procedimientos enfocados a la prevención y control de los riesgos no habituales derivados de esas actividades: altos niveles de contaminación ambiental, presencia de partículas calientes, presencia de contaminantes alfa artificiales, etc.
- Compatibilización de los métodos de prevención y protección cuando a los riesgos radiológicos se añaden los de seguridad e higiene.
- Optimización de los procesos de diseño, construcción y operación de espacios de confinamiento controlado para despieces con técnicas térmicas o agresivas.
- Mejora de los criterios de descontaminación química y/o mecánica para reducción de término fuente.
- Establecimiento de criterios de selección, adquisición y uso de instrumentación de medida, radioprotección y laboratorio (robustez, capacidad de detección, indicación en tiempo real, control inalámbrico, transportabilidad, autonomía en materia de reparación y mantenimiento, etc.)
- Implantación sistemática de técnicas y programas de dosimetría personal que contemplen los riesgos de exposición



Figura 6. Virutas, fragmentos y partículas del corte mecánico del interno del reactor (CNJC).

interna por transuránidos y exposición externa localizada por partículas calientes.

- Adaptación del contenido y métodos de impartición de la formación y entrenamiento de los trabajadores expuestos a las particularidades y especificidad de los trabajos a realizar.
- Adaptación de los criterios de aplicación de la política ALARA, convirtiéndola en una herramienta para la eficiencia de los proyectos, simplificando los métodos de análisis y priorizando la optimización y la seguridad sobre el cumplimiento de las estimaciones de dosis.

### REFERENCIAS

- [1]. T. Ortiz, M. Ondaro, I. Irún. "ALARA durante las operaciones de desmontaje de equipos y descontaminación de las piscinas de combustible gastado en la central nuclear Vandellós I". Radioprotección 24: 20-26; Vol VIII (2000).
- [2]. T. Ortiz, M. Ondaro, I. Irún, J. Just. "Evolución del estado radiológico de una central nuclear en fase de desmantelamiento y clausura". Radioprotección 25: 21-29; Vol VIII (2000).
- [3]. T. Ortiz, M. Ondaro, I. Irún, J. Just. "Gestión radiológica de materiales de desmantelamiento". Radioprotección 28: 28-39; Vol IX (2001).
- [4]. T. Ortiz, M. Ondaro. "Aspectos de Protección Radiológica del desmantelamiento de C.N. Vandellós I". Radioprotección 37: 22-30; Vol X (2003).
- [5]. T. Ortiz, O. González. "Radiological protection during the dismantling of Vandellós I nuclear power plant". 12th Congress of the International Radiation Protection Association (IRPA-12). 2008. 19-24 October. Buenos Aires. Argentina.
- [6]. T. Ortiz, O. González. "Protección radiológica durante el desmantelamiento de C. N. Vandellós I". III Congreso SEFM-SEPR. Alicante 2-5 de junio de 2009.
- [7]. T. Ortiz, O. González. "Lessons learned in Radiological Protection during the dismantling of Nuclear Facilities". Proceedings of Third European IRPA Congress. 2010. June 14-16. Helsinki. Finland.
- [8]. T. Ortiz, O. González. "Radiological Protection during the dismantling of nuclear facilities". 13th Congress of the International Radiation Protection Association (IRPA-13). 2012. 13-18 May. Glasgow. Scotland.



# La experiencia nacional en desmantelamiento

## RESUMEN

Este artículo resume la experiencia adquirida en desmantelamiento en España, a través de los tres escenarios en que esta actividad se ha realizado o se está realizando, por Enresa, en nuestro país: CN Vandellós 1, CN José Cabrera y el Ciemat. El desmantelamiento de la CN Vandellós 1 se articuló en torno a tres fases, dos de las cuales ya han sido ejecutadas. La instalación se encuentra actualmente en la denominada fase de latencia para permitir el decaimiento de la radiactividad de las estructuras internas del cajón del reactor hasta niveles que hagan factible su desmantelamiento con el mínimo coste radiológico. Las actividades de desmantelamiento de la CN José Cabrera, comenzado en febrero de 2010, forman parte del primer proceso de desmantelamiento completo de una central nuclear que se realiza en España. Tras una serie de actividades preparatorias realizadas durante los primeros dos años, el proyecto acaba de finalizar uno de sus principales hitos y verdadero factor diferencial de este proyecto: la segmentación de los internos del reactor. El Ciemat puso en marcha en enero de 2000, el denominado "Plan Integrado para la Mejora de las Instalaciones del CIEMAT" (PIMIC), uno de cuyos proyectos, PIMIC Desmantelamiento, encargado a Enresa, se ha dirigido al desmantelamiento, ya finalizado, de dos instalaciones nucleares y dos radiactivas y a la descontaminación de terrenos en dos áreas conocidas como "Lenteja" y "Montecillo". En este artículo, por su especificidad frente a los realizados en las centrales nucleares mencionadas, se describen los trabajos realizados para conseguir la restauración completa del área denominada "Lenteja" que, en los años 70, resultó contaminada como consecuencia de un vertido accidental.

## ABSTRACT

*This paper summarizes the Spanish experience in dismantling activities, briefly describing the three cases where these activities have been or are being carried out in Spain by ENRESA: Vandellós 1 NPP, José Cabrera NPP and CIEMAT. The dismantling of the Vandellós 1 NPP was organized in three phases, two of which have already been implemented. The facility is currently in a waiting period which will allow the decay of radioactivity of the reactor box internal structures to levels that make feasible the dismantling process at a minimum radiological cost. The dismantling activities of the "Jose Cabrera" NPP, started in February 2010, take part of the first NPP full decommissioning process in Spain. Following a set of preparatory activities performed during the first two years, the project has just finished one of its major milestones, the real differential factor of this project: the reactor internals segmentation. CIEMAT launched in January 2000 an "Integrated Plan for the Improvement of CIEMAT Facilities" (PIMIC), one of whose projects, the called PIMIC Dismantling Project, assigned to ENRESA, is aimed at the dismantling, presently completed, of two nuclear and two radioactive facilities and to the decontamination of land in two areas known as "Lenteja" and "Montecillo". Due to their specificity against the dismantling activities in the two NPPs mentioned above, the work done to achieve the full restoration of the area called "Lenteja", which was contaminated in the 70s, as a result of an accidental release, is summarized in this paper.*

## EL DESMANTELAMIENTO DE LA C. N. VANDELLÓS 1: SEGURIDAD Y TRANSPARENCIA.

Alejandro Rodríguez, Carlos Pérez Estévez - ENRESA, Empresa Nacional de Residuos Radiactivos

### INTRODUCCIÓN

El desmantelamiento de la central nuclear Vandellós 1 fue una actividad pionera que se ha erigido en un referente internacional en el sector. Llevado a cabo como consecuencia del cierre de la central tarraconense en el año 1989, el desmantelamiento se articuló en torno a tres fases, de las cuales dos ya han sido ejecutadas, dejando disponible la mayor parte del emplazamiento. La instalación se encuentra actualmente en la denominada fase de latencia, periodo de

espera de unos 25 años que permitirá el decaimiento de la radiactividad de las estructuras internas del cajón del reactor hasta niveles que hagan factible su desmantelamiento con el mínimo coste radiológico. Este periodo está siendo igualmente aprovechado por Enresa para llevar a cabo actividades formativas y de investigación en tecnologías aplicables a futuros proyectos de desmantelamiento, en el marco del Centro Tecnológico Mestral, creado a tal efecto en la antigua central nuclear.

### EL PROYECTO

El Plan de Desmantelamiento y Clausura en Nivel 2 de la central nuclear Vandellós 1 (1998-2003) se articuló en torno a dos tipos de actuaciones:

- **Actuaciones en zonas convencionales.** Supusieron el desmantelamiento de aquellos edificios, sistemas y componentes localizados en zonas sin implicaciones radiológicas y que, por tanto, no habían estado nunca en contacto con fluidos y ambientes radiactivos. Este bloque de actuaciones se agrupó en torno al Plan de Desmantelamiento de Componentes Convencionales.
- **Actuaciones en zonas activas.** Comprendieron las actividades relacionadas con el desmontaje, la segregación y el traslado de elementos localizados en zonas contaminadas. Estas actuaciones se agruparon en torno al Plan de Desmantelamiento de Partes Activas.

El proyecto estableció una primera fase dedicada a actividades preparatorias, consistentes en el acondicionamiento del emplazamiento y en la instalación de todas las infraestructuras necesarias para acometer el desmantelamiento de aquellos edificios, equipos y sistemas que presentaban implicaciones radiológicas.

Esta fase inicial del Nivel 2 de desmantelamiento, de un año de duración (marzo 1998/marzo 1999), contempló paralelamente el desmantelamiento y la retirada del emplazamiento de diversos equipos y estructuras convencionales, actividades que tuvieron continuidad durante los cinco años de desmantelamiento, a medida que las instalaciones fueron dejando de tener utilidad logística para la ejecución del proyecto. En este sentido, el reciclaje y la reutilización de instalaciones, equipos y materiales pertenecientes a la propia central representaron un gran activo para el desmantelamiento.

La finalización de los trabajos preparatorios supuso asimismo el inicio de las intervenciones en zonas que presentaban implicaciones radiológicas, realizadas desde abril de 1999 hasta junio de 2003.

Estas actividades de desmontaje fueron complementadas con la descontaminación, desclasificación y demolición de edificios, la gestión de todos los materiales generados y la preparación de la instalación para la etapa de latencia.

### GESTIÓN DE MATERIALES

El desmantelamiento de la central nuclear Vandellós 1 implicó la liberación y restauración de la mayor superficie del emplazamiento, lo que supuso la generación de una gran cantidad de materiales, cuya gestión determinaba si éstos eran reciclados o bien tratados como residuos. En este sentido, el objetivo prioritario del proyecto era reducir en lo posible el volumen de residuos, convencionales o radiactivos, hallando, para el resto, un destino adecuado ya fuese en el propio emplazamiento o en el exterior.

Durante el Nivel 2 de desmantelamiento, 1.763 toneladas fueron clasificadas como residuos radiactivos y depositados en el Centro de Almacenamiento de El Cabril. Uno de los

puntos esenciales del proyecto fue el control exhaustivo de todos los materiales procedentes del emplazamiento para segregar los que presentasen implicaciones radiológicas de los limpios y reutilizables. El desmantelamiento generó unas 16.500 toneladas de materiales férricos convencionales, cuyo destino fue el reciclaje, y pequeñas cantidades de residuos tóxicos o peligrosos depositados en centros autorizados.

Con objeto de reducir al máximo el volumen de residuos y hallar vías de reutilización para el resto, se impuso la necesidad de implantar un sistema de gestión de materiales que garantizase el correcto destino de los mismos, especialmente para aquellos materiales que procedían de partes activas. En este sentido, se puso en marcha un sistema de gestión que establecía hasta cinco controles preceptivos para todos aquellos materiales procedentes de partes activas que, por su historial y sus características, fueran candidatos a desclasificación para posteriormente ser gestionados como convencionales. Sólo con este minucioso tratamiento se podía asegurar que todos los materiales evacuados de la central no excedían los niveles de actividad requeridos por el CSN.

La política de gestión de materiales y reciclaje implementada por Enresa en el desmantelamiento de la central tarraconesa permitió la reutilización del 96% de estos materiales y una notable reducción del volumen de residuos inicialmente previsto.

### SEGURIDAD EN LOS TRABAJOS

Otro de los elementos capitales del desmantelamiento de Vandellós 1 fue la seguridad. Enresa estableció a lo largo del proyecto un compromiso con la seguridad en sus dos principales niveles, el industrial y el radiológico.

Es por ello que el Servicio de Protección Radiológica y Seguridad de la planta representaba aproximadamente el 10% de la plantilla. La integración de Protección Radiológica y Seguridad en un mismo servicio respondía, asimismo, a la necesidad de efectuar un control coordinado de las dos actividades con objeto de optimizar sus resultados.

En el área de protección radiológica, Enresa aplicó a lo largo del proyecto un plan ALARA de minimización de las dosis de sus trabajadores y de progresiva reducción de las áreas radiológicas del emplazamiento, mientras que la seguridad industrial fue coordinada según las directrices de un Plan de Prevención de Riesgos Laborales que involucró a todos los niveles de responsabilidad de la planta.

Los esfuerzos destinados a garantizar la seguridad de los trabajos se complementaron con un ambicioso Plan de Formación que proporcionó a todos los trabajadores de las 63 empresas involucradas en el proyecto las nociones necesarias para garantizar su seguridad, además de cumplir escrupulosamente con los requerimientos impuestos por la normativa vigente.

Desde el inicio del Nivel 2 de desmantelamiento, el Servicio de Comunicación y Formación de la central organizó alrededor de 1.500 cursos. En ellos, se sobrepasaron las 3.800 horas lectivas y las 21.000 horas-hombre.



Por materias, la protección radiológica fue, con el 50% de las horas dedicadas, la disciplina que más atención recibió en la formación de los trabajadores. Si a este porcentaje añadimos el 19% de horas dedicadas a seguridad laboral, nos encontramos con que más de dos tercios de la formación impartida en el desmantelamiento de Vandellós 1 se destinaron a garantizar la seguridad de los trabajadores.

## TRANSPARENCIA Y PROYECCIÓN EXTERNA

ENRESA apostó desde el inicio del desmantelamiento por una política de transparencia destinada a dar a conocer a los diferentes actores sociales el proyecto y las actividades llevadas a cabo en Vandellós 1. Así, el establecimiento de canales de comunicación con las instituciones, los medios de comunicación y la opinión pública representó uno de los objetivos prioritarios del proyecto, una filosofía con vocación de impregnar a todas las actuaciones llevadas a cabo por Enresa en la central y su entorno.

El desmantelamiento de la central nuclear Vandellós 1 supuso una obra sin precedentes en nuestro país y con escasos referentes internacionales, lo que implicó un profundo esfuerzo de ingeniería previo al inicio de los trabajos.

El desmantelamiento de la central nuclear Vandellós 1 ha permitido a Enresa generar tecnología exportable. Sus aspectos organizativos y operativos se están aplicando actualmente en desmantelamientos de otras centrales nucleares tanto en España como en el exterior.

## EL DESGLOSE DEL PROYECTO: UN DESMANTELAMIENTO, TRES NIVELES

### NIVEL 1: Actividades post-operacionales (preparación para el desmantelamiento)

Llevado a cabo por la empresa explotadora de la central (Hifensa) entre 1991 y 1997. Durante este periodo se realizó la descarga del reactor y la evacuación de combustible del emplazamiento, el acondicionamiento de los residuos de operación y la extracción y preacondicionamiento de los residuos depositados en los silos de grafito.

### NIVEL 2: Desmantelamiento de estructuras y preparación para la fase de latencia

Realizado bajo la responsabilidad de Enresa, se inició en febrero de 1998 y concluyó en junio de 2003. Su objetivo fue desmantelar todas las estructuras, sistemas y componentes (Figura 1) excepto el cajón del reactor, liberando la mayor parte del emplazamiento y manteniendo el resto como zona reglamentada, con el cajón del reactor confinado y protegido de la intemperie en una estructura de nueva construcción.

Este nivel consta de dos fases de ejecución:

#### • Primera fase

Se llevó a cabo entre marzo de 1998 y marzo de 1999. Sus objetivos fueron:



Figura 1: Desmantelamiento del antiguo edificio del reactor de la C.N. Vandellós 1.

- Acondicionar el emplazamiento para acometer el desmontaje en zonas radiológicas.
- Desmantelar y retirar del emplazamiento equipos y estructuras convencionales.

#### • Segunda fase

Se inició en marzo de 1999 y finalizó en junio de 2003. Sus objetivos fueron:

- Acometer el Plan de Desmantelamiento de Partes Activas (PDPA).
- Aplicar el Plan de Desclasificación para asegurar que los materiales convencionales no tienen contaminación.
- Continuar el desmantelamiento de zonas convencionales.
- Expedir los residuos radiactivos al Centro de Almacenamiento de El Cabril.
- Expedir los materiales convencionales a centros autorizados para su reciclaje o deposición en vertederos autorizados.

El presupuesto del Nivel 2 de desmantelamiento fue de 94,6 millones de euros.

## PERIODO DE LATENCIA

Finalizado el Nivel 2, las partes del emplazamiento no liberadas permanecerán bajo la responsabilidad y vigilancia de Enresa durante 25 años, periodo en el que la actividad radiológica de las estructuras internas del cajón decaerá hasta suponer aproximadamente un 5% de la inicial, permitiendo entonces su desmantelamiento con unos costes radiológicos mínimos para el personal que ejecute los trabajos.

### NIVEL 3: Desmantelamiento del cajón del reactor

Finalizado el periodo de latencia, hacia el año 2028, dará comienzo el último nivel de desmantelamiento de la central nuclear Vandellós 1. En él, se retirará el cajón del reactor y sus estructuras internas, se gestionarán los materiales convencionales y los residuos radiactivos de media y baja actividad generados y la totalidad del emplazamiento quedará liberada.

### SITUACIÓN ACTUAL

Los trabajos de mantenimiento y vigilancia de la planta gestionada por Enresa consisten, durante la actual fase de latencia, en el seguimiento en continuo de los parámetros físicos de temperatura, humedad y presión del interior del cajón en estado pasivo y en la realización periódica de pruebas de estanqueidad del cajón y del estado de corrosión de los materiales internos.

Estos trabajos suponen una infraestructura mínima de gestión. Sin embargo, el emplazamiento de la antigua central nuclear constituye una ubicación privilegiada para el desarrollo de programas de investigación y formación sobre el desmantelamiento de otras centrales nucleares.

Por ello, Enresa ha firmado con la Universidad Rovira i Virgili de Tarragona un convenio de colaboración al respecto, que representa un programa específico de I + D constituyen-

dose a tal fin el Centro Tecnológico Mestral, asentado sobre la investigación de tecnologías, materiales y procedimientos, la formación de futuros profesionales y la comunicación de sus actividades a la opinión pública.

El Centro Tecnológico Mestral se erige así en un medio de transmisión de conocimiento a colectivos nacionales e internacionales en el perfeccionamiento de los proyectos de desmantelamiento de centrales nucleares.

Como parte del Centro Tecnológico Mestral se cuenta en la actualidad con un Centro de Información que recibe anualmente más de 5.000 personas, principalmente escolares y colectivos sociales e institucionales. Las visitas al Centro de Información reciben información adecuada al tipo de colectivo y pueden opcionalmente realizar talleres prácticos, visitar la sala de exposiciones y realizar un recorrido sobre las instalaciones remanentes de la instalación.

## EL DESMANTELAMIENTO DE LA CENTRAL NUCLEAR JOSÉ CABRERA

Manuel Rodríguez, Manuel Ondaro - ENRESA, Empresa Nacional de Residuos Radiactivos

### INTRODUCCIÓN

El 11 de febrero de 2010, la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA) asumía la titularidad de la central nuclear José Cabrera (Figura 1) (conocida también como Zorita, por estar situada en el término municipal de Almonacid de Zorita, en la zona sur de la provincia de Guadalajara). A partir de ese momento, comenzaba la ejecución del primer desmantelamiento completo de una central nuclear que se realiza en España. En el año 2016, los terrenos que ocupa la central, propiedad de la compañía eléctrica Gas Natural Fenosa, recuperarán su aspecto original previo a la construcción de la planta. En este proyecto, Enresa aplica las metodologías y la experiencia acumulada durante la ejecución del desmantelamiento de la central nuclear de Vandellós 1 (Tarragona), así como durante su actuación en el Plan Integrado para la Mejora de las Instalaciones del Ciemat (PIMIC, Madrid).

### LOS COMIENZOS DEL PROYECTO

El 30 de abril de 2006, la central se desacoplaba definitivamente de la red eléctrica nacional. Finalizaban de esta manera 38 años de operación de la primera planta nuclear española y comenzaban diversas actividades post-operacionales, necesarias para su posterior desmantelamiento, entre las que cabe destacar la evacuación del combustible gastado del foso de enfriamiento del Edificio de Contención y su traslado al Almacén Temporal Individualizado (ATI) de la instalación, así como la descontaminación química del circuito primario, lo que ha permitido acometer su desmontaje actual en condiciones radiológicas más favorables. En paralelo, se desarrolló la ingeniería y diseño del proyecto y



Figura 1. Vista exterior de la Central Nuclear José Cabrera.

la elaboración de la documentación requerida por los organismos competentes.

Desde la transferencia de titularidad de la instalación, el proyecto ha avanzado de acuerdo con la secuencia establecida en la Figura 2. En primer lugar, se completó la caracterización e inventariado de los sistemas y componentes de la planta, tarea en la que fue necesario recoger y analizar miles de muestras y que ha proporcionado información clave para la planificación de los diversos trabajos. En segundo lugar, y de acuerdo con los planes de modificaciones de sistemas y los planes de acondicionamiento de instalaciones auxiliares, se acometieron los trabajos de descargos y modificaciones de sistemas de apoyo. De esta manera, in-



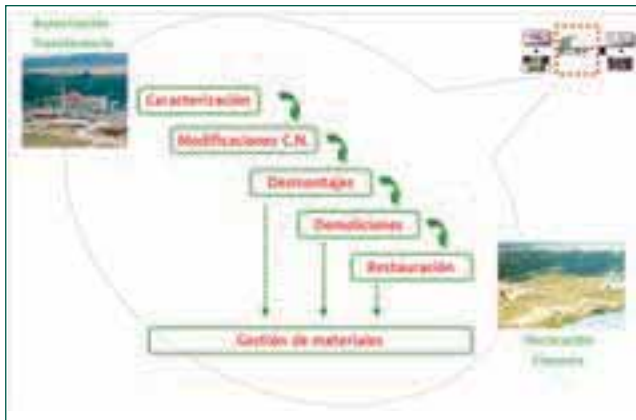


Figura 2. Fases del desmantelamiento.



Figura 4. Antiguo edificio de turbinas.



Figura 3. Desmontaje de las Torres de Refrigeración.



Figura 5. Cavidades donde se ha realizado el corte bajo agua del reactor de CN José Cabrera.

fraestructuras como la toma de agua, sistemas eléctricos, de ventilación o de protección contra incendios, fueron adaptados para satisfacer adecuadamente las necesidades del proyecto de desmantelamiento. En este sentido, se modificaron espacios ya existentes, como por ejemplo la adecuación de antiguos garajes como área de desclasificación y también se acometieron los primeros desmontajes convencionales que produjeron los primeros cambios en la fisonomía externa de la instalación, como el derribo de las torres de refrigeración (Figura 3) y el desmontaje del transformador principal.

### CONSTRUIR PARA DESMANTELAR

El hito principal de este proyecto de desmantelamiento es, sin duda, la segmentación de la vasija del reactor y de sus componentes internos. Para su ejecución, ha sido necesario acometer unos importantes trabajos previos de acondicionamiento de las instalaciones existentes, especialmente en el antiguo Edificio de Turbinas y en el Edificio de Contención.

En el antiguo Edificio de Turbinas (Figura 4), denominado en estos momentos Edificio Auxiliar de Desmantelamiento, EAD, se retiraron todos los componentes del circuito secun-

dario de la planta (turbinas, alternador, condensador, etc). Una vez retirados todos estos sistemas del grupo turboalternador, fue necesario acometer un importante trabajo de obra civil para convertir el recinto en el lugar en el que, en la actualidad, se acondicionan los residuos procedentes del Edificio de Contención. Para ello, el EAD cuenta con instalaciones para el manejo de residuos, zonas descontaminación y espacios de almacenamiento temporal para los contenedores hasta su envío al almacén de residuos de media, baja y muy baja actividad que Enresa opera en El Cabril (Córdoba). Para el traslado de los materiales segmentados desde el Edificio de Contención, el edificio auxiliar se encuentra conectado a través de un "túnel de transferencia".

Por otro lado, junto con los trabajos preparatorios realizados en el antiguo Edificio de Turbinas, el Edificio de Contención también tuvo que ser objeto de importantes modificaciones. Además de los cambios en los sistemas de ventilación, sistemas eléctricos y demás áreas, fue necesario conectar la cavidad del reactor con el foso de combustible gastado, creando una única cavidad que permitiera el manejo de los grandes componentes del reactor, a la hora de ser desmon-

tados. Esa cavidad tuvo que impermeabilizarse adecuadamente para ser inundada de agua y ejecutar en ella los trabajos de corte de los internos del reactor y, posteriormente, de la vasija (Figura 5).

### EL DESMONTAJE DE UN REACTOR NUCLEAR

La segmentación de los internos del reactor de Zorita se ha realizado bajo agua, en la cavidad acondicionada, con herramientas de corte mecánico tele-operadas y con el apoyo de un sistema de cámaras de televisión subacuáticas.

Estos trabajos de corte del reactor, finalizados en junio de 2013, comenzaban por los denominados internos superiores (placa superior soporte, columnas superiores soporte, columna superior de instrumentación, tubos guía de barras de control y placa superior del núcleo), cuya misión consistía fundamentalmente en facilitar la entrada de las barras de control en el núcleo del reactor, así como transmitir las cargas entre los componentes de esta zona superior del mismo. Posteriormente, comenzaba el corte de los componentes internos inferiores, el área más activada, dado que albergaba el combustible necesario para producir la reacción nuclear. Estaba formado por varias piezas: barrilete del núcleo, deflector, encofrado, barrera térmica, placa inferior del núcleo, placa inferior de soporte y equipo de instrumentación, entre otras. Estos componentes tenían como cometido fijar los elementos combustibles en el interior del reactor, servir de blindaje y permitir la circulación del agua del circuito primario.

En total, durante estos trabajos de segmentación se han generado un total de 432 piezas, con un peso total de 59,5 toneladas, y se han realizado unos cortes que suponen, en total 418 metros lineales. Las actuaciones de corte han requerido aproximadamente 2.600 horas de trabajo, llevadas a cabo por un equipo de 15 personas de mano de obra directa.

Una vez segmentadas, las piezas en las que han quedado reducidos los internos del reactor tienen que ser acondicionadas. Es en ese momento en el que entra en operación el Edificio Auxiliar de Desmantelamiento (EAD). Para ello, una parte de estos residuos, acopiados tras su segmentación bajo agua en una cesta metálica, son extraídos del Edificio de Contención mediante una campana de blindaje (Figura 6) y trasladados al EAD, donde se inmovilizan con mortero dentro de un contenedor de hormigón.

Adicionalmente, otra parte de las piezas procedentes de los internos inferiores, que por su grado de activación no pueden ser almacenadas en El Cabril, se acondicionarán



Figura 6. Descenso de la campana de blindaje para extracción de los residuos del reactor.

en cuatro contenedores especiales y se trasladarán al Almacén Temporal Individualizado (ATI) junto al combustible gastado. Además, varias muestras con un peso total de 40 kilogramos serán enviadas a Suecia dentro del denominado ZIRP (*Zorita Internals Research Project*), un proyecto internacional de investigación cuyo objetivo es determinar cuál es el comportamiento de los materiales que han sido activados por un flujo neutrónico durante un largo periodo de tiempo.

A la segmentación de los internos del reactor de Zorita le seguirá el corte y acondicionamiento de la propia vasija del reactor, y el desmontaje del resto de componentes del circuito primario. La bomba principal y el presionador ya han sido desmontados (Figura 7) y, en breve, comenzarán los trabajos de segmentación del generador de vapor. Todo ello se prolongará

durante los próximos dos años, periodo en el que se avanzará también en la descontaminación y posterior desclasificación de las superficies (suelos y paramentos de los edificios).

Con los edificios vacíos, y totalmente libres de cualquier implicación radiológica, se procederá posteriormente a su demolición convencional y al tratamiento in-situ del escombros resultante. Este material será reutilizado para acometer el relleno de las cavidades que dejen las cimentaciones. Por último, ya en el año 2016, un Plan de Restauración retornará el emplazamiento a su estado original. Será en ese momento, y una vez obtenida la Declaración de Clausura por parte del Consejo de Seguridad Nuclear, cuando Enresa devuelva la titularidad del emplazamiento a su propietario, Gas Natural Fenosa.



Figura 7. Desmontaje del presionador del circuito primario.



Figura 8. Box Counter, tecnología clave en la metodología de desclasificación de materiales.

### **EL DESMANTELAMIENTO, UNA GRAN "FÁBRICA" DE GESTIÓN DE MATERIALES**

Para Enresa, la ejecución de un proyecto de desmantelamiento se concibe como un proceso industrial, en el que los principales productos serán un terreno liberado desde el punto de vista radiológico y una gran cantidad de materiales perfectamente segregados (Figura 8), clasificados y derivados a sus plantas de tratamiento correspondientes.

En el desmantelamiento de Zorita está previsto que se generen un total de 104.000 toneladas de materiales. De esa cantidad, únicamente el 4% serán residuos radiactivos. El resto de los materiales, en su mayoría, serán escombros de hormigón convencionales procedentes de las demoliciones de los edificios. Uno de los retos del desmantelamiento es, por tanto, segregar esas 4.000 toneladas de residuos radiactivos y gestionarlos, acondicionarlos, transportarlos y almacenarlos de acuerdo con los procedimientos establecidos, actividades en las que los protocolos e instrumentación de protección radiológica tienen un papel destacado. Desde el comienzo del proyecto de desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera, en febrero de 2010, se han generado cerca de 5.477 toneladas de materiales, de las que el 23% son residuos radiactivos.

### **CULTURA DE SEGURIDAD Y DESMANTELAMIENTO**

La seguridad para los trabajadores, el público y el medioambiente es un aspecto clave en un proyecto de estas características. Fomentar una sólida cultura de seguridad, que impregne a toda la organización, es básico para realizar el desmantelamiento de manera eficaz y segura. La formación, el seguimiento diario de la obra, el aprendizaje y la mejora continua son, entre otros, una serie de principios conocidos por todos los trabajadores y aplicados en todos y cada uno de sus ámbitos de actividad y responsabilidad. A este respecto, indicar que el 75% de las acciones formativas (372 sesiones en el año 2012) tienen una relación directa con la seguridad. Del mismo modo, el 25% del personal que diariamente trabaja en la central nuclear (un total de 250 personas)



Figura 9. Una de las múltiples visitas recibidas durante el proyecto.

tiene como cometido principal la prevención de riesgos, la protección radiológica, con un papel muy relevante de la planificación ALARA de los diversos trabajos, y la seguridad. En materia de vigilancia medioambiental, indicar que los controles realizados dentro de los planes de Vigilancia Ambiental y Radiológica (PVA y PVRA) superan el millar de muestras anuales, todas ellas dentro de la normalidad.

### **TRANSPARENCIA Y COMUNICACIÓN**

Para Enresa, la comunicación y la transparencia en todas aquellas actuaciones que acomete son fundamentales. Es importante establecer una comunicación fluida con el entorno y mantener informados a los diferentes colectivos de la evolución de los trabajos. Para ello, y al margen de las reuniones específicas que se pueden establecer, se celebra anualmente el Comité de Información, al que asisten representantes institucionales, ayuntamientos, asociaciones, empresarios y colectivos del entorno. En esta reunión, los asistentes conocen de primera mano todos los detalles del proyecto.

Dentro de esta filosofía de trabajo se enmarcan los programas de visitas que se desarrollan en la instalación (Figura 9). Más de 1.700 personas han conocido hasta la fecha los trabajos de desmantelamiento y han visitado el *Espacio Enresa de Zorita*, el centro de información en el que los visitantes son recibidos. Allí, mediante el empleo de las últimas tecnologías multimedia, los asistentes reciben todos los conocimientos necesarios para comprender cómo se realiza el desmantelamiento y la gestión de los residuos radiactivos generados en España.

### **A MODO DE CONCLUSIÓN**

El desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera se ha convertido en un auténtico referente a nivel internacional. Las metodologías aplicadas, ya consolidadas tras la experiencia adquirida en las actuaciones realizadas en Vandellós y PIMIC, han despertado el interés de la comunidad técnica y organismos internacionales del sector y han convertido a Enresa y, por tanto, a España, en un país a la cabeza en el ámbito del desmantelamiento y de la gestión y el tratamiento de los residuos radiactivos. Una perfecta alianza entre seguridad, tecnología, experiencia y respeto por el medioambiente.



# PLAN INTEGRADO DE MEJORA DE INSTALACIONES EN EL CIEMAT

Javier Quiñones<sup>1</sup>, Ester García<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CIEMAT, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas

<sup>2</sup>ENRESA, Empresa Nacional de Residuos Radiactivos

## INTRODUCCIÓN

El Ciemat puso en marcha en enero de 2000, el denominado Plan Integrado para la Mejora de las Instalaciones del Ciemat (en adelante PIMIC), cuyo objetivo fundamental consiste en la actualización de infraestructuras generales del centro. Los objetivos están enmarcados en dos proyectos:

- PIMIC Rehabilitación, centrado en la mejora de infraestructuras, en la caracterización radiológica general del centro y en la restauración del terreno, ejecutado por el Ciemat.
- PIMIC Desmantelamiento, encomendado a Enresa, y restringido al desmantelamiento de dos instalaciones nucleares y dos radiactivas, y a la descontaminación de terrenos en dos áreas conocidas como "Lenteja" y "Montecillo".

Actualmente las actividades de desmantelamiento han finalizado, y están en curso los trabajos de restauración de terrenos. Una de las actividades relevantes incluidas en el Proyecto PIMIC, ha sido la descontaminación de una zona denominada "Lenteja" que, en los años 70, resultó contaminada como consecuencia de un vertido accidental. En este artículo se describen los trabajos realizados para conseguir la restauración completa del área.

## RESTAURACIÓN DE TERRENOS CONTAMINADOS

En abril de 2012, se dio por finalizada la primera actividad de descontaminación de terrenos propiamente dicha llevada a cabo en España, tras haber rellenado el hueco resultante de la retirada de tierras contaminadas como consecuencia de un vertido accidental ocurrido en los años 70. Previamente a los trabajos de descontaminación de los terrenos, se llevaron a cabo diversas campañas de sondeos para conocer y delimitar la actividad. Las conclusiones de estos trabajos indicaron que el área afectada era de aproximadamente 450 m<sup>2</sup>, con dos isótopos predominantes (Cs-137 y Sr-90) y diferentes concentraciones de actividad en profundidad.

## GESTIÓN DE MATERIALES

Con objeto de hacer una correcta gestión de los materiales residuales en la que se minimizase la generación de residuos radiactivos, se dividió el área de trabajo en zonas y subzonas, y se retiró la tierra de tal manera que cada contenedor sólo se rellenara con tierra procedente de una única subzona y evitar así la mezcla de isótopos. Esta metodología permitió diferenciar, *in situ*, los residuos radiactivos de muy baja actividad de los materiales desclasificables, pudiéndose desclasificar el 67% de las tierras excavadas.



Figura 1. Construcción pantalla de pilotes.



Figura 2. Preparación de carpa.

## DESARROLLO DE LA EXCAVACIÓN

Para poder realizar la retirada de terrenos fue necesaria la construcción de una pantalla de pilotes (Figura 1) y el montaje de una carpa sobre la zona a excavar y el área adyacente (20x25 m). La carpa (Figura 2) estaba dotada de ventilación, área de almacenamiento y diferentes esclusas para materiales y personas.

Una vez concluidos estos trabajos preparatorios, en agosto de 2010, se inició la fase general de excavación con una excavadora de pequeñas dimensiones para poder retirar el terreno mediante cuadrículas e ir progresando de metro en metro (Figura 3). Diariamente, a medida que se retiraba el terreno, se efectuaba el control radiológico con equipos portátiles, tanto de los parámetros descubiertos, como del suelo.

Finalmente la excavación alcanzó la cota -7,1 m de manera generalizada, salvo una pequeña área en la que se llegó hasta -9,5 m (Figura 4).





Figura 3. Retirada de terrenos.



Figura 6. Aislamiento de cavidad con gunita.



Figura 4. Trabajos finales.



Fig 7. Inicio del relleno del hueco.



Figura 5. Sondeos en el fondo de excavación.



Fig 8. Finalización del relleno.

### VERIFICACIÓN DE RESULTADOS

A continuación, entre los meses de septiembre y octubre de 2011, se realizó la última campaña de sondeos (Figura 5), en la que se confirmó la ausencia de contaminación en todas las superficies verticales y se impermeabilizaron los paramentos verticales con una capa de gunita (Figura 6).

En el informe radiológico final, enviado al CSN, se concluía lo siguiente:

- El valor medio de actividad superficial residual remanente en los paramentos verticales del hueco es inferior a los niveles derivados de desclasificación para reuso, para los radionucleidos evaluados.
- Se demuestra que la actividad residual remanente en suelo es inferior a los niveles de liberación de terrenos para los primeros 15 cm y, además, que el terreno subyacente se encuentra no impactado.

En abril de 2012, se relleno el hueco generado con material de aporte (Figuras 7 y 8).

### CONCLUSIONES

Con el objetivo de minimizar la producción de residuos radiactivos y, consecuentemente, optimizar la capacidad de almacenamiento de El Cabril, se ha realizado una caracterización en detalle del área afectada que ha permitido la segregación de materiales in situ y la desclasificación del 67% de las tierras excavadas.

Teniendo en cuenta que la descontaminación de la "Lenteja" ha supuesto la gestión de alrededor de 2.780 m<sup>3</sup> de tierras en pocos meses, cabe destacar la importancia de disponer de capacidad de almacenaje para materiales desclasificables y para residuos radiactivos en la propia instalación, así como contar con capacidad de almacenamiento para residuos de muy baja actividad en El Cabril.

Para planificar adecuadamente los plazos y costes, siempre habrá que tener en cuenta el esfuerzo que se tiene que llevar a cabo para la caracterización y segregación de materiales.

# Marco normativo y licenciamiento del desmantelamiento

## RESUMEN

El desmantelamiento de las centrales nucleares es un proceso técnico y administrativo especialmente complejo, compuesto por un conjunto de actividades de muy diverso tipo, cuyo objetivo global final es la desaparición de la central y la liberación de su emplazamiento para usos convencionales, sin ocasionar efectos radiológicos no admisibles, ni a los trabajadores, ni a la población, ni al medio ambiente. El proceso de licenciamiento, que conduce a la otorgación de las correspondientes autorizaciones administrativas preceptivas, es, asimismo, complejo y la experiencia disponible es aún limitada. El artículo describe el marco normativo aplicable y revisa el proceso de licenciamiento de los proyectos de desmantelamiento, desde la doble perspectiva del regulador y del operador. Se resume también el control regulador de las actividades de desmantelamiento y los nuevos desarrollos normativos en los que actualmente trabaja el CSN, en los que se cuenta con la participación del operador (Enresa).

## ABSTRACT

*The decommissioning of a nuclear power plant is a complex technical and administrative process, which includes multiple and diverse activities whose final global objective is the plant disappearance and the release of its site for conventional uses, without causing non acceptable radiological effects to the workers, the general public or the environment. The licensing process to grant the necessary administrative authorizations is also complex and the available experience is still limited. This paper reviews the applicable Spanish regulatory framework for decommissioning, from the view point of both, the "regulator" and the "operator" and summarizes the licensing process of decommissioning projects. It also presents some considerations on the regulatory control of the decommissioning activities performed by CSN, as well as the new regulatory developments the CSN is working on, with the collaboration of the "operator" (ENRESA).*

## LA VISIÓN DEL REGULADOR

J. Luis Revilla, Susana Solís, Esperanza España - CSN, Consejo de Seguridad Nuclear

### INTRODUCCIÓN

Las instalaciones nucleares y radiactivas están sujetas a un sistema de autorizaciones previas a su puesta en marcha. Esta supervisión reguladora continúa durante su explotación con el fin de controlar los posibles daños a los individuos o al medio ambiente que dichas instalaciones puedan ocasionar. Las instalaciones que cesan su operación continúan estando bajo el control regulador en tanto que las mismas puedan seguir siendo una fuente potencial de daños a los individuos o pueden representar un riesgo ambiental inaceptable, y esto incluye los procesos necesarios para su desmantelamiento. La declaración de clausura de estas instalaciones es el último acto que las autoridades reguladoras ejercen sobre los titulares y representa, de hecho, un reconocimiento tácito de que los riesgos remanentes se consideran ya aceptables.

En España, la regulación básica de los procesos de desmantelamiento y clausura de las instalaciones nucleares y radiactivas está contemplada en el Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el *Reglamento*

*sobre instalaciones nucleares y radiactivas*. El reglamento incluye un proceso administrativo específico para el licenciamiento del desmantelamiento y para la clausura de las instalaciones e indica la documentación que deben aportar los titulares de las mismas en su solicitud.

El reglamento señala, además, que en el caso de que el titular de las actividades de desmantelamiento de la instalación sea diferente del titular de la autorización de explotación, la transferencia de la titularidad de la misma se autorizará conjuntamente con su desmantelamiento. A este respecto, en el caso de las centrales nucleares, el VI Plan de Gestión de Residuos Radiactivos establece que, en el caso de las centrales nucleares, la responsabilidad de planificar y realizar su desmantelamiento recae directamente en la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A. (ENRESA), a la que se encomienda también la gestión final del combustible nuclear gastado y de los residuos radiactivos que se generen. Esta situación está prevista en los contratos correspondientes entre ambas partes y se complementa con los necesarios acuerdos de colaboración a efectos de la planificación de los proyectos de desmantelamiento. En nuestro



país están también definidos y plenamente operativos los mecanismos de financiación inherentes al sistema anteriormente mencionado.

El cambio de titularidad de la instalación a desmantelar a Enresa exige la concesión de autorizaciones adicionales, como son la autorización de un nuevo servicio de protección radiológica o la autorización de protección física (si dispone de un almacén temporal de combustible gastado en su emplazamiento), con el fin de asegurar que esta organización pueda asumir plenamente su responsabilidad en relación con la seguridad de la instalación desde el mismo momento de hacerse cargo de la misma. Estas autorizaciones, conforme a lo establecido en el Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes, y en el Real Decreto 1308/2011, de 26 de septiembre, sobre Protección física de las instalaciones y los materiales nucleares, y de las fuentes radiactivas, respectivamente, son específicas y se conceden al titular de las actividades, por lo que las autorizaciones de las que dispone el titular explotador de la instalación pierden su vigencia en el momento de producirse el cambio de titularidad.

Conforme a lo establecido en el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, sobre la Ley de Evaluación de impacto ambiental, el desmantelamiento de las centrales nucleares requiere una declaración de impacto ambiental, emitida por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, cuya tramitación requiere contar con un dictamen favorable previo del CSN sobre la solicitud de autorización presentada.

Todo lo anterior pone de manifiesto que la concesión de las autorizaciones de desmantelamiento de las centrales nucleares es un proceso de licenciamiento complejo, en los que, además de analizar detalladamente el plan de actividades propuesto para dicho desmantelamiento, también se debe prestar especial atención a asegurar que el cambio de titularidad se produce con las debidas condiciones en materia de seguridad y protección radiológica y con las mínimas interferencias posibles. Además, estos procesos de licenciamiento deben cuidar especialmente que la transmisión a Enresa de los conocimientos y experiencia adquirida por el titular de la autorización de explotación se realiza de la forma más fluida y completa posible.

## **LA AUTORIZACIÓN DE LOS PROYECTOS DE DESMANTELAMIENTO Y DE LA DECLARACIÓN DE CLAUSURA**

El artículo 12 del Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas establece la necesidad de disponer de una autorización específica de desmantelamiento, una vez haya finalizado la explotación de la instalación nuclear y antes de la declaración de clausura de la misma, definiéndose el proceso de desmantelamiento en el artículo 29 de este reglamento como el conjunto de actividades que, realizadas tras la concesión de la autorización de desmantelamiento, permitirán solicitar la declaración de clausura.

En caso de que el desmantelamiento se realice en varias fases, el artículo 32 del reglamento citado establece que la autorización de desmantelamiento regulará solamente las actividades previstas en la fase de realización inmediata, debiendo el titular solicitar una nueva autorización para fases sucesivas.

Una vez finalizadas las actividades de desmantelamiento, el titular podrá solicitar la declaración de clausura de acuerdo con las previsiones del artículo 33 del reglamento antes citado. La concesión de esta declaración supondrá la desclasificación de la central como «instalación nuclear» y la liberación, total o restringida, del emplazamiento.

El artículo 30 del Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas determina los documentos reglamentarios de licenciamiento en los que deben soportarse los proyectos de desmantelamiento. Algunos de estos documentos tienen nombres análogos a los documentos oficiales de la instalación durante su etapa operativa: Estudio de seguridad, Reglamento de funcionamiento, Plan de emergencia interior, Manual de garantía de calidad, Manual de protección radiológica, Plan de gestión de residuos radiactivos y del combustible gastado y Plan de protección física. Sin embargo, el alcance y contenido de estos documentos difieren notablemente de los de su versión operativa, al tener que afrontar la descripción, el análisis y las garantías de seguridad de un proceso con cambio continuo del estado radiológico, con situaciones de riesgo distintas y operaciones mucho más dinámicas, que se van sucediendo una tras otra, de un modo generalmente irreversible y en el que se van eliminando sucesivamente lo que fueron las barreras que confinaban el contenido radiactivo en la etapa operativa.

Otros documentos reglamentarios, como el Plan de restauración del emplazamiento y el Plan de control de materiales desclasificables son documentos específicos para la fase de desmantelamiento de cada instalación.

Las actividades de desmantelamiento desembocarán, tras la concesión de la declaración de clausura, en la desaparición de la instalación como tal, eximiendo a su titular de su anterior responsabilidad en cuanto a la seguridad de la misma y liberando del control regulador su emplazamiento para permitir su uso futuro convencional.

El Plan de restauración del emplazamiento es el documento reglamentario en el que se incluye la propuesta y la justificación de la metodología a seguir para la caracterización radiológica final del emplazamiento, con el objetivo de demostrar el cumplimiento de los criterios radiológicos establecidos que permitan su liberación para un uso futuro con las restricciones radiológicas que se precisen. En este documento se proponen también los medios para que se establezcan y mantengan los controles legales institucionales que garanticen el cumplimiento de las restricciones que se impongan, si éste es el caso.

En los desmantelamientos de las instalaciones nucleares se generan gran cantidad de materiales residuales que no presentan contaminación radiactiva significativa y que pueden

por tanto considerarse materiales convencionales. En estos casos es crucial, desde el punto de vista de la seguridad, garantizar que todos estos materiales que se incorporan al ámbito convencional, hayan sido controlados y verificados antes de su desclasificación. El Plan de control de materiales desclasificables es otro de los documentos específicos de la fase de desmantelamiento, que describe los procesos y los equipos que se vayan a utilizar para la verificación del cumplimiento de los criterios de desclasificación de estos materiales residuales.

Al igual que para las centrales nucleares en operación, la documentación oficial del proyecto incluye también otros documentos oficiales que desarrollan en detalle algunos aspectos fundamentales contenidos en las disposiciones reglamentarias. El alcance y contenido de estos documentos deben ser igualmente ajustados a la casuística de una instalación en fase de desmantelamiento.

El conjunto formado por todos estos documentos oficiales, reglamentarios y demás documentos asociados, constituyen el denominado Plan de desmantelamiento y clausura (PDC). Esta documentación, a evaluar por el CSN antes de la concesión de la autorización, debe asegurar el cumplimiento de los objetivos finales del desmantelamiento, esto es, la descontaminación, desmontaje y demolición de estructuras, así como la retirada de los materiales, de forma que se permita la futura liberación del emplazamiento, a la vez que se garantice durante todo el proceso la seguridad y protección radiológica de los trabajadores, del público y del medio ambiente (Figura 1)

**LÍMITES Y CONDICIONES DE SEGURIDAD NUCLEAR Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DE LAS AUTORIZACIONES DE DESMANTELAMIENTO**

La autorización de desmantelamiento de una central nuclear incluye una serie de límites y condiciones en materia de seguridad nuclear y protección radiológica, a las que usualmente se asocian una serie de instrucciones técnicas complementarias emitidas por el CSN con el fin de asegurar el mejor cumplimiento posible de dichos límites y condiciones. De ellos, algunos son análogos para todas las autorizaciones de desmantelamiento, mientras que otros son específicos y se derivan de las conclusiones de las evaluaciones efectuadas por el CSN. A modo de ejemplo, a continuación se resumen los límites y condiciones más relevantes de aplicación a la autorización de desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera:

- Documentos oficiales: define los documentos oficiales de licenciamiento sobre los que se concede la autorización, así como el régimen de revisión y actualización posterior de todos ellos. Esta condición lleva asociada una serie de instrucciones técnicas complementarias, que regulan las modificaciones de algunos documentos reglamentarios que requieren la apreciación favorable previa del CSN (Programa de garantía de calidad, Manual de protección radiológica, Plan de protección física, Plan de gestión de residuos radiactivos y del combustible gastado, Plan de con-



Figura 1. Documentación reglamentaria en el desmantelamiento y clausura de instalaciones nucleares.

- Control de materiales desclasificables y Plan de restauración del emplazamiento).
- Modificaciones de diseño o de las condiciones de ejecución de las actividades de desmantelamiento: esta condición regula estas modificaciones, llevando asociada una instrucción técnica complementaria que define lo que se entiende por modificación de las condiciones de ejecución de las actividades de desmantelamiento y restauración, establece los plazos de notificación al CSN de las modificaciones que no requieren ser autorizadas, determina los casos en que la autorización debe ser autorizada, y especifica la documentación que deberá presentarse junto con la solicitud de autorización.
- Programa de pruebas y descargo definitivo de sistemas: esta condición requiere que de manera previa a la puesta en servicio de los nuevos edificios, sistemas o equipos que realicen funciones importantes para la seguridad o protección radiológica, así como de sistemas o equipos implicados en la gestión de residuos radiactivos o en la metodología de verificación del proceso de desclasificación de materiales, se lleve a cabo un programa de pruebas para la comprobación de su correcto funcionamiento. Los resultados de este programa de pruebas deben ser apreciados favorablemente por el CSN previamente a la entrada en servicio de los edificios y sistemas objeto de las pruebas. Esta condición exige también que los descargos definitivos de los sistemas que aún permanezcan operativos y que no sean requeridos para el futuro desmantelamiento, se realicen de acuerdo con un plan preestablecido, del que deberá informarse al CSN.
- Requisitos sobre el personal con licencia: la condición establece el número mínimo de personas con licencia de supervisor y operador que deben estar presentes durante la ejecución de las actividades de desmantelamiento de partes radiológicas de la instalación, así como la exigencia de que la instalación disponga de un servicio de protección radiológica expresamente autorizado por el CSN. De modo





expreso, la condición establece que no se podrán realizar actividades que requieran de un estudio ALARA específico en ausencia del jefe del servicio de protección radiológica. Esta condición lleva asociada una instrucción técnica complementaria, que exige que las antiguas licencias del personal, concedidas de acuerdo con el permiso de explotación de la central, se renueven y se adapten a la autorización concedida y a su documentación oficial para mantener su vigencia durante la ejecución de las actividades de desmantelamiento. La renovación de tales licencias debe estar finalizada antes del comienzo del desmantelamiento de las partes radiológicas de la instalación, hasta cuyo momento las licencias anteriores se considerarán vigentes.

Esta instrucción técnica complementaria se ha derivado del hecho de que el personal con licencia de operador y supervisor que presta sus servicios durante la fase de desmantelamiento son parte del personal del anterior titular, lo que ha facilitado la transferencia de los conocimientos de la instalación a desmantelar a la nueva organización de Enresa.

- Información mensual y anual a remitir a la Administración: se trata de dos condiciones que regulan los plazos de presentación de los informes periódicos, mensuales y anuales, que debe elaborar Enresa en relación con las actividades de desmantelamiento y restauración, y en las que se definen los contenidos que deben tener estos informes. Estas condiciones se complementan con una serie de instrucciones técnicas complementarias que desarrollan y especifican en detalle el contenido de estos informes.
- Salida de residuos de bultos de residuos radiactivos y materiales fisionables: esta condición regula la forma en que deberán efectuarse las expediciones de bultos radiactivos o de los materiales fisionables fuera del emplazamiento para su gestión final o su almacenamiento en otra instalación, incluyendo los mecanismos de constancia documental y notificación a la DGPEM y CSN con anterioridad a su transporte.
- Salida de materiales desclasificados para su gestión convencional: esta condición establece los mecanismos a los que deberá ajustarse el envío al exterior de los materiales desclasificados para su gestión por vía convencional, incluyendo su registro documental y la relación del titular con los gestores autorizados receptores de los mismos, y tiene por objeto el control de este proceso por parte del CSN.
- Revisión del Plan de restauración del emplazamiento antes del inicio de las actividades de verificación radiológica del emplazamiento: con un mínimo de un año de antelación a la fecha prevista para finalizar las actividades de restauración en la parte del emplazamiento que se pretenda liberar, deberá concluirse la revisión definitiva de este documento y presentarse al CSN. Esta revisión deberá contar con la apreciación favorable del CSN antes de proceder a la verificación radiológica final de dicho emplazamiento.
- Remisión del Informe radiológico final junto con la solicitud de declaración de clausura de la instalación: la condición requiere que una vez finalizadas las actividades de des-

mantelamiento y restauración se presente, junto con la solicitud de la declaración de clausura, un Informe radiológico final de las zonas que hayan sido objeto de esas actividades. En caso de que se pretenda liberar únicamente una parte del emplazamiento cada porción del emplazamiento que se pretenda liberar deberá contar con un Informe radiológico final específico.

Esta condición se complementa con una instrucción técnica complementaria establece que el contenido de dicho Informe radiológico final.

- Remisión de instrucciones técnicas complementarias: conforme a lo establecido en el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas, esta condición faculta al CSN a emitir directamente a Enresa las instrucciones técnicas complementarias necesarias para garantizar el mantenimiento de las condiciones y requisitos de seguridad de la instalación y para el mejor cumplimiento de las condiciones de la autorización.

### **LAS AUTORIZACIONES ADICIONALES A LA AUTORIZACIÓN DE CAMBIO DE TITULARIDAD Y DE DESMANTELAMIENTO**

Con el fin de asegurar que Enresa, como nuevo titular de la instalación, pueda asumir plenamente sus responsabilidades desde el primer día tras el cambio de titularidad y en el caso de que en el emplazamiento de la instalación se encuentre un almacenamiento temporal de combustible nuclear gastado, simultáneamente a la autorización de desmantelamiento debe otorgarse a esta entidad una autorización de protección física que le faculte para ejercer sus actividades de conformidad con las obligaciones establecidas en el Real Decreto 1308/211, sobre Protección física de las instalaciones y los materiales nucleares, y de las fuentes radiactivas, o en sus disposiciones de desarrollo.

Asimismo, de acuerdo con lo establecido en el artículo en el artículo 24 del Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes y la Instrucción IS-08 del CSN, de 27 de julio de 2005, sobre los Criterios aplicados por el CSN para exigir, a los titulares de las instalaciones nucleares y radiactivas, el asesoramiento específico en protección radiológica, es necesario otorgar una autorización específica del Servicio de Protección Radiológica que funcione en la instalación durante el desmantelamiento, autorización que debe otorgarse también junto con la de desmantelamiento por las mismas razones que la autorización de protección física. Esta autorización del Servicio de Protección Radiológica establece una serie de condiciones que son las habituales a este tipo de servicios, aunque adaptadas a las circunstancias de una instalación en desmantelamiento.

En la concesión de la autorización del Servicio de Protección Radiológica el CSN da gran importancia a la transmisión de información relevante entre el explotador y Enresa, transmisión que debe realizarse paulatinamente manteniendo un tiempo prudencial de sincronización o solape entre ambas organizaciones. Este aspecto suele resolverse mediante el

establecimiento de los oportunos acuerdos entre ambas entidades.

Lo dispuesto en el Plan de restauración del emplazamiento no será de aplicación hasta que se inicien las etapas finales de restauración, que incluirán la verificación del cumplimiento de los criterios radiológicos de liberación como paso previo a la liberación del emplazamiento y a la declaración de clausura. Es por ello que el CSN establece que la versión final del documento, con toda la información requerida incorporada, deberá contar con la apreciación favorable del CSN a fin de asegurar que la versión aplicable sea la adecuada para afrontar la etapa final del desmantelamiento.

### CONTROL REGULADOR DURANTE EL DESMANTELAMIENTO

La Ley 15/1980, de 22 de abril, de creación del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), en su artículo 2 d), atribuye al CSN la función de llevar a cabo "la inspección y control de las instalaciones nucleares y radiactivas durante su funcionamiento, y hasta su clausura, al objeto de asegurar el cumplimiento de todas las normas y condicionamientos establecidos, tanto de tipo general como los particulares establecidos para la instalación, con el fin de que el funcionamiento de dichas instalaciones no suponga riesgos indebidos, ni para las personas ni para el medio ambiente" (Figura 2).

Por otra parte, el Título IV del Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas, contiene disposiciones aplicables a la inspección de las instalaciones nucleares y radiactivas, regulando las facultades de los inspectores, las obligaciones de los titulares para con el personal inspector, los procedimientos de elaboración de actas de inspección, y las actuaciones en caso de riesgo.

En este sentido, su artículo 43.2 establece que el Consejo de Seguridad Nuclear podrá destacar de modo temporal o permanente en las instalaciones nucleares, a personal facultativo acreditado para realizar misiones de inspección y control.

La inspección y control del CSN sobre las actividades ejercidas por el titular durante la fase de desmantelamiento es equiparable al existente durante las anteriores fases de la vida de la central, si bien resulta necesaria su adaptación a las condiciones particulares de la instalación. En este sentido es importante tener en cuenta que el desmantelamiento es un proceso dinámico en el que se van realizando actividades de carácter generalmente irreversible, que suponen la progresiva desaparición de lo que fueron las barreras de confinamiento de la instalación y que desembocan en la desaparición total de la instalación.

En este sentido, el control de las actividades de desmantelamiento es un verdadero reto para el regulador, que tiene que modificar y adaptar los métodos ya conocidos de control y supervisión de la fase operativa de la central al dinamismo propio de las actividades de desmantelamiento y al cambio constante en las condiciones de riesgo (Figura 3).

Durante el desmantelamiento, el control intensivo de situaciones típicas de instalaciones en operación debe compatibilizarse



Figura 2. Consejo de Seguridad Nuclear.



Figura 3. Reto regulador.

con un control más extensivo de situaciones incidentales con menos daños pero de probabilidad de ocurrencia mayor. El control regulador debe tener en cuenta aspectos tales como la pérdida de barreras físicas, la proximidad de los trabajadores a fuentes de radiación, la existencia de niveles difusos de radiación o contaminación durante largos periodos de tiempo y en zonas extensas en el interior de la instalación, etc.

Al igual que en las anteriores fases de la vida de la central, el control regulador durante la fase de desmantelamiento se basa tanto en las inspecciones a la instalación como en las diversas evaluaciones realizadas por el personal técnico del CSN.

Las evaluaciones de la documentación aplicable a la fase de desmantelamiento pueden ser de carácter general, de análisis de la información periódica y no periódica remitida por Enresa en cumplimiento del condicionado de la autorización de desmantelamiento, o de carácter específico, en respuesta a solicitudes de autorización o aprobación por parte del MINE-TUR o de apreciación favorable del CSN presentadas por el titular en virtud de lo establecido en dicho condicionado.

Las inspecciones a la instalación pueden ser de carácter periódico con objeto de efectuar un seguimiento, vigilancia y control continuo de las actividades de la instalación por parte de las diferentes áreas especialistas del CSN, o pueden ser



Figura 4. Inspección Residente.

específicas. Estas últimas responden a actividades concretas, como pueden ser la asistencia a pruebas oficiales de puesta en marcha de nuevas estructuras, sistemas o componentes de la instalación, o el seguimiento de incidentes o sucesos que hayan podido producirse y cuya relevancia haga necesario efectuar una o varias inspecciones de carácter reactivo.

Como en las anteriores fases de la vida de una central nuclear, durante la fase de desmantelamiento existe un inspector del CSN desplazado de modo permanente en la instalación "Inspector Residente", a quien corresponderá realizar tanto el seguimiento in situ, como la vigilancia y supervisión diaria de las actividades que se desarrollan en la instalación (Figura 4).

A tales efectos, y sin duda por las peculiaridades que esta etapa de la vida de la central presenta, el CSN ha desarrollado el documento "Manual de la inspección residente del CSN en las centrales nucleares en desmantelamiento" con un doble objetivo: describir las funciones y actividades de la Inspección Residente en las centrales nucleares en desmantelamiento y regular los aspectos técnicos y organizativos relacionados con el desarrollo de su labor en dichas centrales nucleares españolas.

La Inspección Residente realiza un control y seguimiento del estado de las actividades de la instalación, para informar a la sede central del CSN de los aspectos más relevantes de éstos, así como para utilizar dicha información en la planificación de sus actividades propias de inspección, preparación y documentación de las mismas.

Estas actividades de control y seguimiento dependerán del grado de avance del PDC e incluyen en general las siguientes:

- Actividades generales de desmantelamiento: supervisión de trabajos en curso, verificación del cumplimiento de los documentos oficiales del desmantelamiento, asistencia a pruebas de vigilancia de las Especificaciones técnicas y otras pruebas que se lleven a cabo, asistencia a maniobras y comprobaciones locales, control de actividades de protección radiológica ocupacional, del público y del medio ambiente, control de actividades de gestión de residuos, y rondas por el emplazamiento.
- Reuniones con el titular: las establecidas de mutuo acuerdo entre ambas partes.
- Seguimiento diario de problemas identificados por el titular.
- Consultas y aclaraciones: el inspector residente podrá consultar directamente a los responsables de las áreas de la organización del titular para disponer de un mejor conoci-

miento de las condiciones de la planta, trabajos en curso o programados, incidencias, etc.

- Recogida de quejas y denuncias: el inspector residente es uno de los canales para la recogida de quejas y denuncias del personal de la instalación o de contratistas, las cuales se transmitirán de acuerdo con los procedimientos establecidos por el CSN al respecto.
- Elaboración de notas e informes sobre las actividades de control y seguimiento de la instalación: notas informativas sobre sucesos notificables, notas interiores con información relevante, notas semanales con un breve resumen del estado de la central, trabajos en curso, incidencias y previsiones para la semana siguiente, así como informes periódicos (mensuales o bimensuales) que recojan la información sobre sus actividades.

Los informes periódicos incluyen los denominados «puntos abiertos», que reflejan las discrepancias del inspector residente con el titular de la instalación sobre un procedimiento o norma de ésta que, a juicio del inspector, no cumpla adecuadamente un requisito aplicable, o bien un aspecto de las actividades de desmantelamiento que, también a juicio del inspector, resulte manifiestamente mejorable.

- Adicionalmente, o con carácter excepcional, emitirá los informes sobre temas específicos dentro de su campo de actuación que le sean requeridos por su línea jerárquica.

En lo que respecta a sus actividades de inspección, éstas pueden ser propias o de apoyo a otras inspecciones del personal del CSN. A tales efectos, se debe elaborar anualmente un programa de inspección de la instalación por el jefe de proyecto en el que se indiquen cuáles de las inspecciones programadas corresponden a la Inspección Residente.

Además de las actividades mencionadas en los párrafos anteriores, la inspección residente realizará todas aquellas actividades de carácter general que sean necesarias o requeridas desde la sede central del CSN, entre las cuales cabe destacar: asistencia a reuniones en la sede del CSN, actividades normativas u organizativas (elaboración de guías, procedimientos, etc.), actividades de evaluación, actividades de apoyo a la formación de nuevo personal del CSN, colaboración con los tribunales de licencias, actividades administrativas, atención a visitas institucionales, etc.

## **NUEVOS DESARROLLOS NORMATIVOS PARA EL DESMANTELAMIENTO**

Gran parte de los criterios y de la normativa utilizada durante la etapa operativa de las instalaciones continúa siendo aplicable durante su desmantelamiento. No obstante, la especificidad de los desmantelamientos ha puesto de manifiesto la necesidad de adecuar el marco reglamentario actual, por lo que en el momento actual se está dedicando especial atención al modo de aplicar la normativa ya existente para instalaciones nucleares.

Aparecen también ciertos aspectos que precisan del desarrollo de una regulación específica en los que se está trabajando, en particular los referidos a la liberación del



control regulador (desclasificación y reciclado de materiales residuales y liberación de emplazamientos).

Por otro lado, la Asociación de Reguladores Nucleares de Europa Occidental (WENRA) está llevando a cabo un proceso de armonización entre los diferentes países que la integran, que permita homogeneizar criterios y conseguir un alto grado de seguridad en la regulación de los diferentes campos de su competencia (Figura 5).

Una de las misiones de WENRA, asignada al WGWD (Working Group on Waste and Decommissioning), es el de establecer los criterios de seguridad o niveles de referencia que garanticen la seguridad durante el proceso de desmantelamiento y clausura de las instalaciones nucleares. El grupo WGWD ha desarrollado unos criterios de seguridad para el desmantelamiento (Decommissioning Safety Reference Levels Report) que han sido objeto de diversos ejercicios de intercomparación (benchmarking) entre los distintos países e instalaciones.

En el año 2014 cada país deberá haber desarrollado un plan de acción en el que se contemple la publicación de la normativa necesaria para que todos los niveles de referencia establecidos estén requeridos a nivel reglamentario en cada uno de los países de la Unión Europea.

En el caso de España, se ha identificado que una buena parte de estos niveles de referencia se encuentran ya incorporados en la normativa española. Sin embargo, existen otros niveles que aún deben implementarse. De acuerdo con el plan de acción contemplado para España, y dependiendo del momento en que se requiera su cumplimiento, estos niveles de referencia se incorporarán a una instrucción del CSN con requisitos específicos que deberán cumplirse durante el desmantelamiento de la instalación.



Figura 5. Países miembros de WENRA.

Algunos de los niveles de referencia establecidos por WENRA deben aplicarse durante la fase operativa de las instalaciones al objeto de dejarlas preparadas para su desmantelamiento seguro. Estos niveles de referencia se incorporarán a una instrucción del CSN con requisitos específicos que deberán satisfacerse durante la operación de la instalación.

Con la elaboración y publicación de estas dos instrucciones, la normativa española sobre desmantelamiento habrá quedado armonizada con la del resto de los países europeos de nuestro entorno.

## LA VISIÓN DEL TITULAR

Manuel Ondaro, Cristina Correa - ENRESA, Empresa nacional de Residuos Radiactivos

### INTRODUCCIÓN

Enresa, una vez concedida la autorización de transferencia de titularidad y la del "Plan de Desmantelamiento", es responsable de llevar a cabo las actividades de desmantelamiento de acuerdo a lo establecido en la mencionada autorización y en conformidad con el marco normativo y reglamentario aplicable.

Para la obtención de la autorización de desmantelamiento, Enresa prepara y remite al Ministerio de Industria, Energía y Turismo el Plan de Desmantelamiento y Clausura (PDC) que consiste en la documentación de licencia requerida en el Reglamento de Instalaciones Nucleares y radiactivas. Asimismo, se remite el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) según lo contemplado en la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos para el caso del desmantelamiento de centrales nucleares.

El marco regulador específico de las actividades de desmantelamiento es, por lo tanto, la autorización de desmantelamiento y la documentación de licencia en la que se basa dicha autorización. Asimismo, son de aplicación las leyes, reglamentos e instrucciones y guías de seguridad que correspondan según las actividades a realizar.

### CONDICIONES DE LA AUTORIZACIÓN

La autorización de desmantelamiento incluye un conjunto de límites, condiciones e instrucciones técnicas complementarias a la autorización que determinan la planificación y manera de realizar los trabajos y dan lugar a procesos específicos de solicitud de autorizaciones durante la realización del proceso de desmantelamiento.

De manera general las condiciones aluden a los siguientes temas:



1. Modificaciones de los documentos de licencia y su régimen de revisión y aprobación.
2. Modificaciones de diseño y el proceso de aprobación.
3. Proceso de licenciamiento de la puesta en servicio de nuevos edificios, sistemas y equipos que realicen funciones importantes para la protección radiológica, para la gestión de materiales y residuos radiactivos, o la metodología de desclasificación de materiales.
4. Plan de restauración y verificación final del emplazamiento.
5. Licencias de personal requeridas, informes mensuales y anuales.
6. Salida de material desclasificado para gestión convencional y expedición de bultos radiactivos.

Las condiciones relativas a las modificaciones de diseño y a la puesta en servicio de nuevos sistemas, implican procesos de aprobación que tienen una duración que puede ser larga e influir en la dinámica del desmantelamiento. Esto hace que se tengan que tener en cuenta a la hora de planificar las diferentes actividades, ya que un retraso en las aprobaciones de los diferentes procesos puede conllevar retardos en el desarrollo de los trabajos. En general, los siguientes procesos requieren aprobación por parte del CSN:

- Puesta en marcha de los sistemas importantes para la protección radiológica (ventilación, protección contra incendios).
- Puesta en marcha del proceso de desclasificación de materiales, de superficies y grandes piezas.
- Puesta en marcha de los nuevos edificios auxiliares y almacenes que se requieran para el desmantelamiento.

Todos estos procesos precisan la realización de unos planes de pruebas, que deben ser remitidos al CSN y los resultados del mismo precisan apreciación favorable del CSN, previamente a la puesta en marcha de los procesos indicados.

En cuanto a las modificaciones de diseño, en general suelen estar relacionadas con la adecuación de los almacenes de residuos radiactivos de media y baja y de residuos de alta actividad para albergar residuos especiales procedentes del desmantelamiento, adecuación de los sistemas importantes para la protección radiológica, adecuación de edificios a las necesidades del desmantelamiento, etc. Las modificaciones de diseño precisan como mínimo ser informadas al CSN con un mes de antelación a su implantación, y dependiendo de lo establecido en la autorización, pueden (o no) precisar apreciación favorable del CSN y autorización del MINETUR. Estos procesos llevan un tiempo de elaboración y presentación de la documentación, evaluación por parte del CSN y aprobación según el caso. Por esta razón, se debe iniciar el trámite administrativo de estos procesos con mucho tiempo de antelación a su implantación.

Otro aspecto importante que puede afectar a la operativa del desmantelamiento son las licencias y diplomas requeridos para diversos responsables de acciones del proceso. De forma general se requiere que durante la ejecución de las actividades de desmantelamiento de las partes radiológicas estén presentes en la instalación al menos un supervisor y un operador debidamente acreditados con licencias expedidas al efecto por el CSN.

El desmantelamiento de las partes radiológicas de la instalación no comienza inmediatamente después de obtener la autorización de desmantelamiento. En ese periodo se deben renovar y adaptar a la fase de desmantelamiento las antiguas licencias del personal de la etapa operativa de la instalación, concedidas en base al permiso de explotación de la misma, u obtener nuevas licencias. El CSN prolonga la validez de las antiguas licencias de explotación hasta justo antes del comienzo del desmantelamiento de las partes activas de la instalación.

Asimismo, se requiere un Servicio de Protección Radiológica (SPR) que debe ser autorizado de forma específica y cuyo responsable debe ser una persona con diploma de Jefe de Servicio expedido por el CSN. En ausencia del jefe del SPR no pueden llevarse actividades de desmantelamiento que requieran un estudio ALARA específico.

El plan de restauración es el documento de licencia en el que se establece el marco metodológico para la liberación final del emplazamiento. Debe contener el estado físico y radiológico de la instalación, las actuaciones de restauración, los criterios y niveles de liberación y la metodología para la caracterización radiológica. Muchos de estos aspectos no se pueden definir cuando este documento se presenta como parte de la documentación de licencia para solicitar la autorización del PDC. La restauración es la fase final de los proyectos de desmantelamiento y clausura, y por el motivo indicado, se debe entender que el plan de restauración es un documento que va a tener sucesivas revisiones a lo largo del proyecto según se vayan disponiendo de datos radiológicos más actualizados de la instalación y que en las primeras versiones, lo esencial debería ser la inclusión de los criterios radiológicos a cumplir y la descripción de la metodología para llevar a cabo la caracterización radiológica final y la comprobación consiguiente del cumplimiento de los citados criterios. De hecho existe una condición específica que requiere que un año antes a la fecha prevista para finalizar las actividades de restauración se debe presentar el plan de restauración, que debe ser apreciado favorablemente por el CSN antes de comenzar la verificación radiológica final del emplazamiento.

## RELACIÓN CON EL CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

La interacción del titular con el CSN durante el proceso de desmantelamiento tiene lugar principalmente a través de dos vías:

- La jefatura de proyecto del CSN.
- La inspección residente en la instalación.

Asimismo, el CSN dispone de un plan de inspecciones anual en el que se controlan e inspeccionan las diferentes áreas temáticas del proyecto y son realizadas por las áreas técnicas del CSN que correspondan.

La jefatura del proyecto realiza el control, seguimiento y la coordinación con las áreas técnicas del proyecto en su conjunto, tanto desde el punto de vista documental, autorizaciones, cumplimiento de la normativa, límites y condiciones, como de las inspecciones realizadas. La jefatura de proyecto realiza además inspecciones específicas de seguimiento del proyecto.

La Inspección Residente (IR) realiza el seguimiento y control diario más próximo de las actividades del desmantelamiento. En general, en el caso de proyectos de desmantelamiento y clausura de Centrales Nucleares, el CSN cuenta con IR permanente en la Instalación durante la jornada laboral.

El CSN, teniendo en cuenta la experiencia, además de ser requerido, ha desarrollado un procedimiento operativo en el que se establecen con todo detalle las funciones y actividades de la Inspección Residente (IR) que regula los aspectos técnicos y organizativos relacionados con el desarrollo de sus labores, incluyendo las diferentes interfaces con las unidades organizativas del CSN involucradas.

Este procedimiento, marca un hito, pues enmarca las relaciones de la IR con el titular estableciendo el marco administrativo no existente hasta el inicio de los trabajos de desmantelamiento y clausura en la CN José Cabrera.

El titular facilita todas las actividades de la IR para obtener la información necesaria para realizar su trabajo incluyendo el acceso a la documentación disponible.

Desde el punto de vista del titular la relación con el CSN es un aspecto fundamental en los proyectos de desmantelamiento dada la situación esencialmente dinámica del proceso (por contraposición a la situación en la etapa operativa de la instalación) y cambiante de la planta durante las actividades. Las actividades van siendo diferentes según se va avanzando y los sistemas, estructuras, dependencias, etc van desapareciendo progresivamente. En este proceso adquiere una relevancia especial la capacitación del titular y la fortaleza de sus procedimientos y métodos de trabajo. De igual modo, la transparencia, la comunicación y la información continua tienen una gran influencia en el desarrollo armónico y progresivo del proceso de desmantelamiento, en el que se requieren decisiones en tiempo acordes con la dinámica y los cambios continuos del contexto que se producen.

Es de reseñar el que en otros países y en trabajos de desmantelamiento no existe la figura de la IR. El marco español y la experiencia obtenida marcan un hecho diferencial que ayuda a las partes a desarrollar sus funciones además de un mayor conocimiento que redundará en la seguridad y la transparencia. El modelo debe avanzar de manera que se consolide como un ejemplo para un futuro y que pueda servir de base en ámbitos internacionales.

### **NORMATIVA APLICABLE AL DESMANTELAMIENTO**

La normativa aplicable a la etapa de desmantelamiento de una Instalación Nuclear es la genérica aplicable a las Instalaciones Nucleares. Si bien en algunos casos se especifican en dicha normativa algunas particularidades de la fase del desmantelamiento, en general no existe una normativa técnica específica suficientemente desarrollada para la fase de desmantelamiento de Instalaciones Nucleares.

La fase de desmantelamiento es muy diferente a la operación de una Instalación Nuclear, fundamentalmente por su carácter esencialmente dinámico y cambiante, la variabilidad continua de la situación y las condiciones radiológicas y consiguiente-

mente de los riesgos asociados a las actividades que se realizan en cada etapa. En el caso de una central nuclear en desmantelamiento, el riesgo nuclear no existe, siendo los riesgos radiológicos de contaminación e irradiación los que cobran importancia. Por estas causas, las especificaciones de funcionamiento de la instalación en su fase operativa se reducen y se elaboran de forma complementaria los programas de vigilancia de los sistemas importantes para la protección radiológica, como son principalmente los sistemas de ventilación, protección contra incendios y gestión de residuos.

Asimismo las actividades de obra marcan las prioridades de ejecución y se hace necesario compatibilizarlo con los requisitos reglamentarios.

Desde el punto de vista del titular, es necesaria una adaptación de parte de la normativa actualmente en vigor para instalaciones nucleares a las actividades del desmantelamiento, que son diferentes en carácter, tipo y riesgo asociado a las de dichas instalaciones en operación. Esta situación está siendo tratada actualmente entre Enresa y el CSN con el objeto de mejorar la normativa aplicable al desmantelamiento.

### **CONCLUSIONES**

En los proyectos de desmantelamiento de instalaciones nucleares la configuración de la instalación cambia día a día, los requerimientos son diferentes en función de las diferentes fases del proyecto, los riesgos son diferentes y variables, la aplicación de los Programas de Vigilancia es cambiante en función de los sistemas existentes, trabajos o actividades realizadas. Muy a menudo las actividades de obra marcan las prioridades de ejecución y se hace necesario compatibilizarlo con los requisitos reglamentarios. Por todo ello, se trabaja continuamente en adaptar la documentación existente al estado del proyecto en la medida que ello es posible.

La relación entre el titular y el CSN es fundamental tanto en el desarrollo de las actividades diarias como en todos los aspectos del proyecto de desmantelamiento. Actualmente, Enresa y el CSN, trabajan activamente para adaptar y desarrollar nueva normativa relacionada con las actividades de desmantelamiento.

Desde el punto de vista de Enresa y con la experiencia de otros proyectos de desmantelamiento, se considera que se debe continuar trabajando en la mejora de los siguientes aspectos:

- Desarrollo y adaptación de la normativa del desmantelamiento.
- Los aspectos relativos a la ejecución de trabajos en las fases previas a la transferencia de titularidad,
- La definición de las actividades preparatorias y autorizaciones específicas relacionadas con trabajos de significancia radiológica,
- El proceso de licenciamiento de las modificaciones de diseño, puesta en marcha de nuevos sistemas, edificios, planes de pruebas y sus aprobaciones.
- Las necesidades de licencias y diplomas durante el desmantelamiento.
- El proceso a desarrollar desde el punto de vista metodológico, documental y de aprobaciones para la liberación de terrenos y declaración de clausura.



## CONVOCATORIAS SOBRE DESMATELAMIENTO

### EPRI INTERNATIONAL DECOMMISSIONING AND ENVIRONMENTAL REMEDIATION WORKSHOP IN COLLABORATION WITH IAEA



14 -15 noviembre, 2013. Viena. Austria.

Más información en:

[www.cvent.com/d/scqbf/1Q](http://www.cvent.com/d/scqbf/1Q)



### AMERICAN NUCLEAR SOCIETY

#### **2014 American Nuclear Society (ANS) Annual Meeting.**

Del 14 al 19 de junio de 2014. Reno, Nevada. EEUU. Grand Sierra Resort

Nuclear Challenges: Technologies and Analysis. Embedded topical meetings: a) Decommissioning and Remote Systems (D&RS 2014). b) Nuclear Fuels & Structural Materials for Next Generation Nuclear Reactors.

Más información en:

[www.ans.org/meetings/m\\_136](http://www.ans.org/meetings/m_136)

### A NON-PROFIT ORGANIZATION DEDICATED TO EDUCATION AND OPPORTUNITY IN WASTE MANAGEMENT



#### **The Waste Management (WM) 2014 Conference.**

Del 2 al 6 de marzo de 2014. Arizona. EEUU.

Más información en.:

[www.wmsym.org/](http://www.wmsym.org/)

## LA JUNTA DIRECTIVA INFORMA

La Junta Directiva celebró la reunión en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid, el día 2 de julio.

En la reunión, a la que asistieron tanto los miembros salientes como entrantes, quedó constituida la nueva Junta Directiva aprobada en la Asamblea General que tuvo lugar en Cáceres, coincidiendo con el Congreso conjunto.

La nueva Junta Directiva está formada por:

- Eduardo Gallego - Presidente
- Mercè Ginjaume - Vicepresidente
- Beatriz Robles - Secretaria General
- Elena Alcaide - Tesorera
- Antonio Gil - Vocal
- Francisco Javier Rosales - Vocal
- Borja Rosell - Vocal
- Carmen Rueda - Vocal
- Rosario Salas - Vocal
- Waldo Sanjuanbenito - Vocal

- Durante la misma, Marisa España, presidente saliente, presentó la situación actual del plan estratégico, que habrá que completar para el periodo 2013-2017, y repasó una por una las actividades de la SEPR, foros, comisiones y representantes en grupos de trabajo, con el fin de que los nuevos integrantes de la Junta Directiva conocieran la situación actual de las actividades que se están desarrollando en la Sociedad.

- El tesorero saliente, Alejandro Úbeda, presentó las cuentas del cierre del ejercicio de 2012 e hizo un repaso a la situación económica de la Sociedad

- Eduardo Gallego, presidente entrante, presentó como están funcionando las diversas comisiones y cuáles habría que replantear, y repasó el estado actual del plan de actividades científicas y algunos temas e ideas para elaborar el plan para el año 2014. El plan de actividades científicas que, hasta ahora, era coordinado por Eduardo Gallego pasará a depender de Mercè Ginjaume como nueva vicepresidenta.

*Beatriz Robles*  
Secretaria General de la SEPR

## Resumen del acta de la Asamblea General de la SEPR

El pasado 19 de junio tuvo lugar la Asamblea General de la SEPR coincidiendo con el III Congreso Conjunto SEFM-SEPR, celebrado en el Complejo Cultural San Francisco, en Cáceres

Los temas que se trataron según el orden del día establecido fueron:

- **Aprobación del acta de la Asamblea General anterior** que tuvo lugar el 30 de noviembre de 2012. Fue aprobado por unanimidad.
- **Informe de la presidenta.** La presidenta, Marisa España, presentó las actividades realizadas en el año 2013 incluyendo las reuniones de la Junta Directiva, las reuniones de las distintas comisiones y el avance de los trabajos de los foros. Por último realizó una evaluación crítica de las acciones derivadas del plan estratégico.
- **Informe del tesorero.** El tesorero, Alejandro Úbeda, presentó los informes económicos correspondientes al cierre de cuentas del año 2012. Los presupuestos para 2013 no se presentaron porque los años en los que se celebra Congreso, los presupuestos son muy poco realistas y, además, porque la nueva Junta Directiva deberá ajustar los mismos a las actividades que se piensen realizar en lo que resta del año. Las cuentas fueron aprobadas por unanimidad.
- **Informe de la secretaria general.** La secretaria, Beatriz Robles, presentó los cambios desde la última Asamblea General en el número de socios de la Sociedad, que tiene en la actualidad 672 socios. Se han producido 41 altas y 17 bajas (8 desde la última Asamblea General). Así mismo se somete a aprobación por los socios la propuesta de la Junta Directiva de hacer Socios de Honor de la SEPR por su contribución a la Protección Radiológica y su dedicación a la Sociedad, a Leopoldo Arranz y Carrillo de Albornoz y a Miguel López Tortosa. La propuesta fue aclamada por la Asamblea.
- **Aprobación de la candidatura presentada para la renovación de la Junta Directiva.** Mercè Ginjaume presentó a los socios para su ratificación la propuesta de candidatura para la renovación parcial de la Junta Directiva. La propuesta fue aprobada por aclamación por los socios.
- **Presentación de candidaturas** para la celebración de los próximos Congresos (2015 y 2017). Gumersindo Verdú presentó la candidatura de Valencia para la celebración del próximo Congreso conjunto de la SEFM y la SEPR, que tendrá lugar en el año 2015. La candidatura fue aprobada por la Asamblea. Carles Muñoz Montplet, director de Física Médica y Protección Radiológica del Hospital Universitari de Girona Doctor Josep Trueta, presentó la candidatura para celebrar el Congreso conjunto en Gerona, en 2017, lo que fue recibido positivamente por los presentes en la Asamblea.

*Beatriz Robles*  
Secretaria General de la SEPR

## 39ª Reunión Anual de la Sociedad Nuclear Española

En la ciudad de Reus, Tarragona, se celebró entre los días 25 y 27 de septiembre, la 39ª Reunión Anual.

Con una asistencia de más de 600 congresistas, en este encuentro anual se abordaron los más interesantes y recientes temas referidos al ámbito de la energía nuclear. Además, en las sesiones plenarias se analizó la internacionalización de la industria nuclear española y se incidió en la formación como pilar estratégico en la operación segura de las centrales nucleares.

Por su parte, las sesiones monográficas y los cursos "Aprende más de..." analizaron aspectos de actualidad para todos los asistentes.

En esta edición se celebró una interesante mesa redonda en torno a la gestión de los requisitos reguladores.

En lo que se refiere a las sesiones técnicas, se presentaron

- más de 340 ponencias, que fueron expuestas en 36 sesiones, dos de las cuales estuvieron dedicadas a la Protección Radiológica y Medioambiental, con un total de 14 ponencias.
- En el programa social en el que destacó el concierto celebrado por el grupo de jazz de Andrea Motis y Joan Chamorro, celebrado en el modernista Teatro Fortuny; así como la cena oficial de la 39ª Reunión Anual que tuvo lugar en el Centro de Convenciones de Port Aventura.
- Además, la exposición comercial paralela que se organiza anualmente junto a este evento permitió a las empresas del sector presentar sus productos y servicios, así como firmar acuerdos de colaboración. Este año fueron 36 las empresas que se interesaron por participar en la exposición.
- Durante la ceremonia de clausura, la SNE convocó a todos los socios y asistentes para el próximo año que, coincidiendo con el 40º Aniversario de la Sociedad, se celebrará en Valencia.

*Comité de redacción.*

# NOTICIAS de MUNDO

## España sigue estando muy bien representada en la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP)

Como ya se informó a los socios de la SEPR a través de la página web de la Sociedad, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) ha renovado, en 2013, los miembros de sus cinco comités, así como de la Comisión Principal. Por primera vez en su historia, la ICRP realizó una convocatoria abierta, a la que pudieron presentarse todos aquellos interesados en formar parte de alguno de sus comités. Tras analizar los más de 200 currículos recibidos, se seleccionaron los miembros de los comités para el próximo periodo cuatrienal 2013-2017. La lista de los integrantes de los comités y la Comisión Principal está disponible en la página web de la ICRP (<http://www.icrp.org>).

España y la SEPR siguen teniendo una amplia representación de la ICRP:

- Eliseo Vañó, que se mantiene como presidente del Comité 3 (Aplicaciones Médicas) y miembro de la Comisión Principal,
- Pedro Ortiz López, en el Comité 3.

- Almudena Real, se mantiene como secretaria del Comité 5 (Protección del Medioambiente).
- Eduardo Gallego (vicepresidente de la SEPR), una nueva incorporación al Comité 4 (Aplicación de las recomendaciones de la Comisión), del que se despide Pedro Carboneras después de ocho años en el cargo.

A finales de octubre se celebrará en Abu Dhabi (Emiratos Árabes Unidos) la reunión anual de los distintos comités, coincidiendo con el *Segundo Simposio sobre Protección Radiológica* organizado por la ICRP.

La representación española nos mantendrá bien informados de estas y otras actividades o noticias relacionadas con la ICRP.

*Comité de redacción.*

## Misiones en Fukushima y Semipalatinsk

La Unidad de Protección Radiológica del Público y del Medioambiente, perteneciente al Departamento de Medio Ambiente del Ciemat, ha participado en misiones de experto del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) en Fukushima (Japón) y en el emplazamiento de ensayos nucleares de Semipalatinsk (Kazajistán).

La primera de las misiones en Fukushima, es parte de las actividades que el OIEA lleva a cabo bajo el Plan de Acción de Seguridad Nuclear, adoptado en 2011, que tiene como objetivo principal reforzar la seguridad nuclear a nivel global. La misión, que tuvo lugar los días 21 al 26 de julio de 2013, contó con un total de 16 expertos de ocho países (entre ellos uno español) y del OIEA. Durante la misma, los participantes se reunieron con miembros de la prefectura de Fukushima y de sus municipios para implementar las Disposiciones Prácticas firmadas entre la prefectura y el OIEA.

Los proyectos iniciados, trazan el marco general de cooperación y asistencia que el OIEA ha ofrecido a la prefectura de







Información sobre los trabajos de descontaminación en la prefectura de Fukushima.



Zona de Ensayos Nucleares de Semipalatinsk (Kazajistán).

de los ríos y lagos y se revisaron los mapas de las vigilancias radiológicas para su difusión pública.

La segunda de las misiones se desarrolló en la Zona de Ensayos Nucleares de Semipalatinsk (SNTS), en Kazajistán, del 9 al 13 de septiembre de 2013. En este caso, el OIEA solicitó asistencia para llevar a cabo una revisión independiente del informe que recoge los estudios medioambientales que se vienen realizando en los últimos años en dicha zona. Los trabajos que lleva a cabo el laboratorio de Seguridad Nuclear y Ecología, que forma parte del Centro Nuclear Nacional de Kazajistán, incluyen la caracterización y evaluación del impacto radiológico de cada una de las zonas en las que se ha dividido el área (que en total cubre una extensión superior a los 18.000 km<sup>2</sup>).

Para llevar a cabo dichas evaluaciones en los escenarios de exposición diseñados, el laboratorio está llevando a cabo una ingente labor en cada una de las divisiones. En el informe revisado se detallan los trabajos realizados en las zonas Oeste y Sureste, de 560 km<sup>2</sup> y 850 km<sup>2</sup> respectivamente.

Juan Carlos Mora - CIEMAT  
Miembro de las misiones de expertos del OIEA.

Fukushima, en la rehabilitación, la descontaminación y la gestión de los residuos de baja actividad que se están generando. Mediante estos proyectos, que tendrán una duración de tres años, el OIEA apoya los esfuerzos que se están realizando para beneficio de los habitantes de la prefectura. Su principal objetivo es prevenir el movimiento de la contaminación radiactiva en los cuerpos acuáticos, la cadena alimenticia y en el aire, reduciendo o previniendo de este modo la exposición de los seres humanos a las radiaciones, tanto en el presente como en el futuro.

El equipo realizó una revisión, junto a los oficiales designados por la prefectura de Fukushima, de los pasos que se han dado para gestionar de forma segura los materiales con trazas de radionucleidos, que se están almacenando en emplazamientos temporales. También se discutió la forma de llevar a cabo la vigilancia ambiental, incluyendo la absorción de radionucleidos en los suelos, se examinó el estado de la contaminación

## Reunión del 60º periodo de sesiones del UNSCEAR

La reunión correspondiente al 60º periodo de sesiones del Comité Científico de Naciones Unidas sobre los efectos de las radiaciones ionizantes, UNSCEAR, tuvo lugar del 26 al 31 de mayo de 2013, en Viena.

El Comité Científico de Naciones Unidas sobre los Efectos de las Radiaciones Ionizantes, UNSCEAR, fue establecido por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 1955. Su mandato en el sistema de las Naciones Unidas es evaluar e informar sobre los niveles y efectos de la exposición a las radiaciones ionizantes. El programa de trabajo del Comité se aprueba por la Asamblea General.

En la reunión correspondiente al 60º periodo de sesiones participaron la representante M.J. Muñoz y los asesores M.ª Teresa Macías, Beatriz Robles y Eliseo Vañó.

El presente periodo de sesiones ha estado presidido por C.M. Larsson (Australia); E. Bédi (Eslovaquia) ha ejercido como vicepresidente y Y. Yokenu (Japón), como relator.

Debido al compromiso adquirido con la Asamblea General de Naciones Unidas, solamente se discutieron en detalle los dos documentos que se citan a continuación. El objetivo era proceder a su aprobación para presentar las conclusiones alcanzadas en la próxima sesión de la Asamblea General.

### Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and tsunami

Para abordar este estudio, se constituyeron cuatro grupos de trabajo en los que han participado más de 80 expertos de 18 países en las diversas áreas abordadas.

El análisis de este documento y sus anexos ocupó seis sesiones del Comité constituido en grupo de trabajo, en cada una de las cuales se analizó el texto del documento y los seis anexos que lo acompañan, dedicados a:

- A- Datos y garantía de calidad
- B- Emisiones y dispersión
- C- Dosis al público
- D- Trabajadores
- E - Biota
- F - Implicaciones a la salud

En dichas sesiones, se examinaron en detalle las metodologías, análisis y valores de dosis consignados en el estudio y se tuvieron en cuenta los datos e información más reciente recibidos de Japón. Las recomendaciones y comentarios del Comité, así como la información más reciente se incorporarán al documento, el cual será publicado en su momento.

### Effects of radiation exposure on children

Tras la sesión 59ª, la delegación española contribuyó al documento aportando información sobre diversos estudios que se han llevado a cabo en nuestro país y otros en colaboración con el OIEA.

Se dedicaron cuatro sesiones al análisis del estudio que, además del informe, consta de los siguientes anexos:

- A - Anatomía, dosimetría
- B - Cáncer y efectos hereditarios
- C - Efectos deterministas

El Dr. E. Vaño, actuó como relator en la sesión dedicada al análisis del texto principal (cuerpo del informe) y al informe para la Asamblea General.

Esta es la primera vez que toda la información relativa a los efectos de la exposición a radiación durante la infancia ha sido recopilada en un documento único que aborda en detalle los efectos, tanto estocásticos como deterministas.

El documento había comenzado a elaborarse antes del accidente de la central nuclear de Fukushima, y sus conclusiones se consideran de especial interés tras producirse dicho accidente.

Se acordó modificar ligeramente el título del documento pasando de *Effects of radiation exposure on children* a *Effects of Radiation Exposure of Children* con el fin de dejar claro que el documento no cubre solamente los efectos que pudieran aparecer en la infancia sino todos los que pudieran aparecer a lo largo de la vida, como consecuencia de la exposición en esta etapa.

En cuanto a los restantes documentos en desarrollo, se dedicó una sesión a repasar su estado de avance actual. En su momento, el Comité decidió que la labor de evaluar las consecuencias radiológicas del accidente de la central nuclear de Fukushima era prioritario frente al resto de evaluaciones y actividades que se habían iniciado en el marco del presente programa de trabajo. Ello ha supuesto retrasos en otros temas, dado el esfuerzo y dedicación que ha requerido dicha evaluación. Una vez completado este estudio que será publicado en los próximos meses, el Comité ha acordado centrar los esfuerzos en finalizar los documentos pendientes y no incluir de momento nuevos temas concretos.

Por último, el Comité discutió un plan estratégico destinado a programar sus actividades, durante el periodo 2014-2019, gestionar los recursos necesarios y mejorar la planificación y la coordinación entre las distintas partes involucradas.

El objetivo estratégico para el periodo 2014-2019 es concienciar y profundizar en el entendimiento entre los responsables en la toma de decisiones, la comunidad científica y la sociedad civil, con respecto a los niveles de exposición a las radiaciones ionizantes y los efectos sobre la salud y el medioambiente, a fin de establecer una base sólida para la toma de decisiones informada, en temas relacionados con las radiaciones ionizantes.

Con respecto al programa de trabajo en curso, además de las decisiones respecto a los documentos tratados en la reunión, se ha constituido un pequeño grupo de trabajo, en el que participa el Dr. Vaño, para ayudar a la secretaría en la elaboración del estudio *UNSCEAR global survey of radiation usage and exposures in medicine* (2013-2014).

M<sup>a</sup> Jesús Muñoz, M<sup>a</sup> Teresa Macías, Beatriz Robles y Eliseo Vaño

## IV Congreso regional de IRPA en África, AFRIRPA04

La capital de Marruecos, Rabat, será la encargada de acoger el IV Congreso Regional de IRPA en África (AFRIRPA04), tras sus antecesoras Kenia (2010), Egipto (2007) y Sudáfrica

(2003). El evento estará organizado por la Asociación Marroquí de Protección Radiológica (AMR) entre los días 13 y 17 de septiembre de 2014, centrándose, esta edición, en el "Fortalecimiento de las infraestructuras de protección radiológica al servicio del sector sanitario en África".

El programa abarcará distintas áreas de la protección radiológica como son los fundamentos de PR incluyendo efectos biológicos de las radiaciones, atención sanitaria y medicina, estándares y metrología, legislación y regulación, industrias NORM, seguridad nuclear y salvaguardias, cultura de protección radiológica, formación y entrenamiento y otros.

Durante el Congreso se entregarán los Premios para Jóvenes Científicos, en las categorías de oro, plata y bronce, a las contribuciones más destacables presentadas en AFRIRPA04 por jóvenes investigadores o profesionales de la protección radiológica.

Las fechas más significativas del Congreso serán las siguientes:

– 01/10/2013. Apertura del plazo para el envío de resúmenes y registro online a través de la página web <http://afirpa04.com>

– 31/03/2014. Fecha límite para presentación de candidaturas al Premio para Jóvenes Científicos

– 30/05/2014. Fecha límite para el envío de resúmenes

– 30/06/2014. Notificación de aceptación de resúmenes

– 30/07/2014. Publicación de la segunda circular

– 15/08/2014. Publicación del Programa científico definitivo

Más información en <http://afirpa04> o en la página web de la SEPR.

Comité de redacción

## Fe de errores

En relación con la nota publicada en el n° 75 de la revista, en la sección "Proyectos de Investigación", titulada "Proyecto Prepare, integración innovadora de herramientas y plataformas para la preparación a la respuesta de las emergencias radiológicas y el post-accidente en Europa", se considera necesario aclarar que la autora de la reseña es Milagros Montero Prieto de la Unidad de Protección Radiológica del Público y del Medio Ambiente del CIEMAT, y no el Comité de redacción, como figura al pie de la misma.

Comité de redacción





## PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

### Informe final del proyecto *Influencia de los Campos Electromagnéticos de Baja Frecuencia en el Sistema Hematopoyético en Desarrollo, el Sistema Inmune y el SNC in vivo*

La Oficina Federal Alemana para la Protección contra las Radiaciones (BFS) ha publicado el informe final del proyecto de investigación *Influencia de los campos electromagnéticos de baja frecuencia (50 Herzios) en el sistema de desarrollo hematopoyético, el sistema inmunológico y el sistema nervioso central in vivo*. El proyecto fue financiado por el Ministerio Federal Alemán de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) y llevado a cabo en nombre de la BFS por el *Institut für Toxikologie und Experimentelle Medizin* (TEMA), Munich, Alemania. En el presente estudio, los posibles efectos de la exposición a campos magnéticos de baja frecuencia en el desarrollo de roedores y la maduración del sistema hematopoyético e inmune, así como en el sistema nervioso central se evaluaron en un modelo de ratón (ratones hembras CD-1) *in vivo*. La intensidad de campo (10 microteslas, 1 militesla, 10 militeslas) fue elegido de manera que las densidades de corriente en el cuerpo animal simulara a las inducidas en

- humanos expuestos a densidades de flujo magnético de 1, 100 y 1000 microteslas).
- El informe (en alemán) con el resumen y conclusión en inglés (páginas 80-83) se encuentra en la página web: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2013081310990>

Comité de Redacción

### La Fundación Suiza de Investigación para la Electricidad y Comunicaciones Móviles publica su informe anual

- La Fundación Suiza de Investigación para la Electricidad y Comunicaciones Móviles (FSM) lanzó su informe anual de 2012, en agosto de 2013. Los nuevos proyectos de investigación están enfocados sobre los campos electromagnéticos pulsados y sus efectos celulares y moleculares, así como sobre la evaluación de la exposición personal a los campos electromagnéticos de radiofrecuencia. Los Proyectos ya completados estaban enfocados en las diferencias relacionadas con la edad en el uso de las comunicaciones móviles y de Internet, así como la evaluación de la distribución de la corriente inducida por campos electromagnéticos ELF (rango de frecuencia extremadamente baja) en la cabeza humana por el uso de teléfonos móviles (UMTS y GSM).

Más información en el informe en: <http://www.emf.ethz.ch/>

Comité de Redacción

## PUBLICACIONES

### Publicaciones IAEA

#### Radiation Protection in Paediatric Radiology

*Safety Reports Series 71*

Esta publicación proporciona una guía para los radiólogos y personal clínico y técnico implicado en los procedimientos de diagnóstico que emplean la radiación ionizante con niños y adolescentes, y debería ser también de ayuda al personal físico médico y al cuerpo regulador. Se centra en las medidas necesarias para proporcionar protección de los efectos de la radiación utilizando los principios establecidos en los Estándares de Seguridad Básicos Internacionales del IAEA para la protección contra las radiaciones ionizantes y para la seguridad de las fuentes de radiación (IAEA Núm. de Estándares de la Seguridad GSR Parte 3). El énfasis se centra en los requisitos especiales establecidos a nivel pediátrico.

STI/PUB/1543 (ISBN:978-92-0-125710-9) 111 pp. 2013  
 Disponible en: [www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1543\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1543_web.pdf)



#### Programa Nacional de Protección Radiológica en las Exposiciones Médicas

IAEA TECDOC Series No. 1710

- La presente guía para la autoevaluación del programa regulador de las exposiciones médicas tiene por finalidad proporcionar al organismo competente un método para evaluar su programa en dicha área y, en consecuencia, facilitar la elaboración de programas reguladores más eficientes que propicien el cumplimiento de los requisitos de protección radiológica en la exposición médica establecidos en las nuevas Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación.

IAEA-TECDOC-1710, 101 pp.; 2 figures; 2013  
 ISBN 978-92-0-343010-4, Español.

Disponible en: [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE-1710\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE-1710_web.pdf)





## Publicaciones ICRP

### ICRP-123. Assessment of Radiation Exposure of Astronauts in Space Ann. ICRP 42(4), 2013

*Autores: G. Dietze, D.T. Bartlett, D.A. Cool, F.A. Cucinotta, X. Jia, I.R. McAulay, M. Pelliccioni, V. Petrov, G. Reitz, T. Sato*

Durante sus actividades profesionales en el espacio, los astronautas son expuestos a radiaciones ionizantes procedentes de fuentes naturales presentes en ese entorno. Sin embargo, ellos no son habitualmente clasificados como trabajadores profesionalmente expuestos en el sentido general que la ICRP da a este término para los trabajadores en la Tierra. El informe describe los métodos para la evaluación de las dosis en órganos en astronautas en misión espacial, estableciendo las diferencias entre los campos de radiación en el espacio y en la Tierra. Se consideran las contribuciones de la radiación cósmica, la radiación solar, la debida a partículas procedentes de erupciones del Sol y la propia de los cinturones de radiación de la Tierra. Se describen métodos de medida específicos y, en particular, se analiza la dosimetría biológica mediante marcadores como una de las apropiadas para este tipo de exposiciones. Una particularidad de la exposición en el entorno espacial es la fuerte contribución de los iones pesados, lo cual hace aumentar el factor de calidad Q para el cálculo de dosis equivalentes.

Annals of the ICRP Volume 42, Issue 4, Pages e1-e130, 1-362  
(August 2013)  
ISSN: 0146-6453



## Publicaciones HPA

### HPA-CRCE-048 - Assessing the Reliability of Dose Coefficients for Ingestion and Inhalation of Radionuclides by Members of the Public. Abril 2013

*Autores: M Puncher y J D Harrison*

La consideración de incertidumbres en las dosis puede proporcionar estimaciones numéricas de la fiabilidad de los coeficientes de dosis usados en protección radiológica para evaluar exposiciones a radionucleidos incorporados al organismo por ingestión o por inhalación (Emisores Internos).

Esta publicación revisa el sistema actual de Protección radiológica de la ICRP ante este tipo de exposiciones y clarifica el significado del término "fiabilidad". Para ello los autores determinan la fiabilidad de los coeficientes de dosis efectiva considerando incertidumbres en parámetros biocinéticos, dosimétricos y factores de riesgo. Por ejemplo, establece incertidumbres en los modelos biocinéticos que se usan para calcular la retención y la excreción de radionucleidos en el cuerpo, lo cual permite establecer también incertidumbres en las distribuciones de dosis efectivas por unidad de actividad incorporada.



ISBN: 978-0-85951-741-6

Disponible de forma gratuita en:

[http://www.hpa.org.uk/webc/HPAwebFile/HPAweb\\_C/1317138792794](http://www.hpa.org.uk/webc/HPAwebFile/HPAweb_C/1317138792794)

## Publicaciones NCRP

### Report No. 174 - Preconception and Prenatal Radiation Exposure: Health Effects and Protective Guidance (2013)

*Autores: Robert L. Brent, Chairman; Donald P. Frush; Robert O. Gorson; Roger W. Harms; Linda A. Kroger; Martha S. Linet; Andrew D. Maidment; John J. Mulvihill; Shiao Y. Woo*

Este trabajo analiza los tipos, fuentes y magnitudes de las radiaciones ionizantes que pueden afectar al proceso de reproducción humana. Son consideradas las exposiciones médicas (procesos diagnósticos y terapéuticos, incluidos los radiofármacos), así como las irradiaciones ocupacionales, exposiciones comunes a fuentes ambientales y las de origen accidental o deliberado (p.ej., un acto terrorista). Los riesgos de las radiaciones ionizantes son examinados con detalle, desde la preconcepción, hasta el final del embarazo. Los riesgos asociados a la exposición previa a la concepción que se han evaluado son: infertilidad, defectos congénitos, alteración genética, y cáncer. Los riesgos asociados de la exposición durante el embarazo que fueron evaluados incluyen: malformaciones congénitas, retraso de crecimiento, muerte embrionaria y fetal, retraso mental, efectos neurobiológicos y cáncer. También se discuten los riesgos asociados por el recién nacido lactante ante una hipotética transferencia de material radiactivo a través de la leche materna (p.ej. la leche de una madre que recibió un radiofármaco). Finalmente se analizan los riesgos asociados a la exposición a radiaciones no ionizantes (MRI, ultrasonidos, campos de RF.....). En este caso, se analizan los siguientes riesgos asociados a una exposición durante el embarazo: peso bajo al nacer, retraso en el habla, dislexia y retraso intelectual.

ISBN: 978-0-98354-504-0



## Publicaciones AAPM

### Radiation Dose from Airport Scanners: Report of AAPM Task Group 217

Este trabajo presenta un estudio independiente de la AAPM sobre un sistema de RX usado por la Transportation Security Administration (TSA) para el escaneo de pasajeros en aeropuertos, el Rapiscan secure 1000 SP. Para ello se han hecho medidas tanto en fábrica como en equipos en servicio en los propios aeropuertos. Se han obtenido dosis equivalentes promedio por órganos y dosis efectivas para



distintos tamaños de pasajeros. Para un hombre standard de 178 cm de talla y 73 kg de peso, la dosis efectiva medida en un escaneo simple fue de 11,1 nSv y la dosis-piel fue de 40,4 nGy. Esta dosis efectiva es equivalente a 1,8 minutos de exposición a la radiación de fondo natural para un individuo promedio de EE.UU. y aproximadamente equivalente a la dosis recibida durante 12 segundos de vuelo en un viaje promedio de avión.

ISBN: 978-1-936366-24-8

Disponible de forma gratuita en:

[http://www.aapm.org/pubs/reports/RPT\\_217.pdf](http://www.aapm.org/pubs/reports/RPT_217.pdf)

## Publicaciones NEA

### The Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident: OECD/NEA Nuclear Safety Response and Lessons Learnt

La Agencia de Energía Nuclear de la OECD (NEA) acaba de publicar un informe sobre las acciones tomadas por los miembros de los países NEA y los comités técnicos en respuesta al accidente de la central nuclear de Fukushima Daiichi acaecido en Marzo de 2011. Este trabajo detalla los esfuerzos internacionales por fortalecer el control nuclear, la seguridad, investigación y la protección radiológica en el contexto de la situación post-Fukushima. También destaca las lecciones y mensajes aprendidos, notablemente relacionados con la garantía de seguridad, las responsabilidades compartidas, los factores humanos y de organización, etc. El trabajo descrito por la NEA en este report constituye una contribución muy importante en cuanto a la seguridad de los reactores nucleares tanto actualmente como en un futuro.

Disponible en: <http://www.oecd-nea.org/pub/2013/7161-fukushima2013.pdf>



## Publicaciones CSN

### INT-04.31 El mapa predictivo de exposición al radón en España

Los efectos nocivos del radón para la salud aumentan proporcionalmente a la exposición a este gas. Al dirigir los recursos disponibles prioritariamente a la población más expuesta se consigue no solo proteger a los individuos sometidos a un mayor riesgo sino, en términos globales, una mayor reducción de las dosis por radón que recibe el conjunto de la población (puesto que las concentraciones de radón en viviendas siguen una distribución lognormal). Para conseguir este objetivo de máxima reducción de dosis es fundamental identificar las zonas o regiones geográficas con mayor probabilidad de albergar viviendas que presenten concentraciones elevadas. Dicha probabilidad se encuentra estrechamente ligada a las características geológicas del terreno. Con la finalidad de identificar esas zonas se ha desarrollado el mapa predictivo de exposición al radón, que, a partir de la tasa de dosis de radiación gamma ambiental, divide el territorio nacional en tres categorías. Cada una de ellas representa la probabilidad de que los niveles de radón en las viviendas superen un determinado valor. Al tratarse de un mapa predictivo —pese a que su validez se haya contrastado experimentalmente— tiene utilidad para planificar las estrategias de protección a nivel nacional, regional o local, pero no sustituye en ningún caso a las mediciones directas en las viviendas, que son el único indicador fiable del riesgo para la salud de cada individuo.



CSN, 2013

Disponible en: [http://www.csn.es/images/stories/publicaciones/unitarias/informes\\_tecnicos/mapa\\_radn.pdf](http://www.csn.es/images/stories/publicaciones/unitarias/informes_tecnicos/mapa_radn.pdf)

# CONVOCATORIAS 2013

“más información en [www.sepr.es](http://www.sepr.es)”

## OCTUBRE

### • Primer Congreso Español de la Mama

Del 17 al 19 de octubre de 2013 en Madrid (España).

Más información: [www.primercongresomama.org/web/](http://www.primercongresomama.org/web/)

### • Micros2013 - 16th International Symposium on Microdosimetry

Del 20 al 25 de octubre de 2013 en Treviso (Italia).

Más información: <http://agenda.infn.it/conferenceDisplay.py?confId=5707>

### • ICRP 2013: 2nd International Symposium on the System of Radiological Protection

Del 22 al 24 de octubre de 2013 en Abu Dhabi (Emiratos Árabes).

Más información: [www.icrp.org/page.asp?id=141](http://www.icrp.org/page.asp?id=141)

### • International Conference on the Safety and Security of Radioactive Sources: Maintaining the Continuous Global Control of Sources throughout their Life Cycle

Del 27 al 31 de octubre de 2013 en Abu Dhabi (Emiratos Árabes).

Más información: <http://www-pub.iaea.org/iaemeetings/43047/International-Conference-on-Safety-and-Security-of-Radioactive-Sources-throughout-their-Life-Cycle>

## DICIEMBRE

### • 6º Conferencia EAN-NORM sobre - Alternativas en la gestión de residuos NORM

Del 2 al 5 de diciembre de 2013 en Madrid (España).

Más información: <http://www.ean-norm.net/>

# CURSOS 2013 - 2014

## OCTUBRE

### Curso de formación para dirigir instalaciones de radiodiagnóstico. Especialidad: radiodiagnóstico general (Universidad de Santiago de Compostela)

Organizado por: Universidad de Santiago de Compostela con la colaboración del Hospital Veterinario Universitario Rof Codina.

Lugar y fecha: Hospital Veterinario Universitario Rof Codina. Estrada da Granxa s/n. 27002 – LUGO. 21 a 25 de octubre de 2013.

Objetivo: proporcionar los conocimientos teóricos y prácticos relativos a la naturaleza de los rayos X, dar a conocer los riesgos asociados a su aplicación en radiodiagnóstico; así como, la forma de prevenirlos y minimizarlos, tal como exige el Real Decreto 1085/2009 para la obtención de la acreditación para dirigir instalaciones de rayos X con fines de diagnóstico médico. Este curso está homologado por el Consejo de Seguridad Nuclear.

Dirigido a: curso de formación continua de la USC para licenciados en Veterinaria, Medicina u Odontología interesados en dirigir Instalaciones de Radiodiagnóstico.

## NOVIEMBRE

### Curso de entrenamiento sobre epidemiología de las radiaciones y dosimetría (DoReMi)

Organizado por: red de excelencia DoReMi (Euratom), el Centro Helmholtz de Munich y la Universidad de Pavia.

Lugar y fecha: del 4 al 22 de noviembre de 2013 en el Centro Helmholtz, Munich (Alemania).

Objetivo: a los participantes se les introducirá en los métodos generales de epidemiología, medida de la exposición a la radiación, evaluaciones retrospectivas de dosis, cuantificación de los efectos tardíos de la radiación y cálculo de factores de riesgo.

Observaciones: Los participantes pertenecientes a instituciones integradas en DoReMi podrán tener alojamiento gratis. También se cubrirán los gastos relacionados con los desplazamientos relacionados con las visitas y no existirá cuota de inscripción. Tras la finalización del curso se entregará un certificado de asistencia.

Más información: [www.doremi-noe.net/training\\_and\\_education.html](http://www.doremi-noe.net/training_and_education.html)

### Radiation protection course (SCK-CEN)

Organizado por: Curso organizado por el SCK-CEN.

Lugar y fecha: SCK•CEN Club-House. Boeretang 201. 2400 MOL (Bélgica). Del 18 al 23 de noviembre de 2013.

Objetivos y destinatarios: esta formación está destinada a las personas que, debido a su entorno profesional, están directamente o indirectamente relacionadas con las aplicaciones de la radiactividad. Este curso puede representar un complemento adecuado a su especialización. Es conveniente que los participantes tengan unos conocimientos básicos sobre las radiaciones ionizantes.

Más información: [www.sckcen.be/en/Events/RP\\_EN\\_20131118](http://www.sckcen.be/en/Events/RP_EN_20131118)

### Curso de entrenamiento sobre las recomendaciones técnicas europeas para la monitorización de individuos con exposición ocupacional a la radiación externa (RP 160) (Eurados)

Organizado por: Grupo de Trabajo WG2 de EURADOS para la "Armonización de la Dosimetría Personal".

Lugar y fecha: del 25 al 29 de noviembre de 2013 en el Instituto Ruđer Bošković, Zagreb (Croacia).

Objetivos: implementar las recomendaciones técnicas de la Comisión Europea sobre la monitorización de los individuos expuestos a la radiación externa (Radiation Protection 160).

Observaciones: es aconsejable que los alumnos tengan conocimientos básicos sobre las Recomendaciones Técnicas de la RP160 y sobre el informe de intercomparación de EURADOS IC2009.

Más información: <http://eurados-training.ifj.edu.pl/index.php>

### Curso de entrenamiento sobre métodos de Monte Carlo para la calibración de contadores de cuerpo entero (EURADOS)

Organizado por: Karlsruhe Institute of Technology (KIT) y el Grupo Europeo de Dosimetría de las Radiaciones (EURADOS).

Lugar y fecha: Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Campus North. Hermann-von-Helmholtz-Platz 1. 76344 Eggenstein-Leopoldshafen (Alemania). Del 25 al 27 de noviembre de 2013.

Objetivo: el método de Monte Carlo es una técnica de simulación numérica que puede utilizarse para ampliar el alcance de

las calibraciones realizadas *in vivo*. Estos métodos permiten realizar calibraciones en una gran variedad de formas y tamaños corporales. Este curso de formación tiene como objetivo la aplicación de los métodos de Monte Carlo para la calibración de detectores de cuerpo entero y parciales.

Observaciones: se requiere que todos los participantes tengan conocimientos básicos del código Monte Carlo MCNPX. El número de participantes está limitado a 20. Los participantes deberán traer sus propios ordenadores portátiles y, si posible una copia autorizada de MCNPX. Se invita a los participantes para que traigan un póster donde se exponga el trabajo que se realice en sus laboratorios.

Más información: <http://eurados.ine.kit.edu/>

### DICIEMBRE

#### **Curso europeo de formación en Radiobiología. Variabilidad interindividual de la sensibilidad a las radiaciones. Mecanismos y marcadores biológicos (DoReMi)**

Organizado por: curso de la red de excelencia DoReMi organizado por el Instituto Curie y el CEA (Francia) en colaboración con el Colegio de Oncología de la Universidad París-Sur.

Fecha y lugar: del 9 al 20 de diciembre de 2013 en París. La parte teórica se impartirá en el Instituto Curie y las prácticas en el CEA.

Objetivo: se examinarán las consecuencias a nivel molecular de dosis bajas y de exposiciones con bajas tasas de dosis. Desde la generación de estrés oxidativo y de daños a nivel macromolecular hasta efectos tardíos como la inducción de mutaciones y la inestabilidad genética teniendo en cuenta la variabilidad en la susceptibilidad individual. Igualmente se realizarán prácticas de laboratorio utilizando técnicas de cuantificación y detección de ácidos nucleicos entre otras.

Más información: [www.doremi-noe.net/training\\_and\\_education.html](http://www.doremi-noe.net/training_and_education.html)

### ENERO 2014

#### **Cursos de capacitación para supervisores de instalaciones radiactivas año 2014 (INTE)**

Organizado por: cursos organizados por el Instituto de Técnicas Energéticas de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) y el Hospital Clínic i Provincial de Barcelona conjuntamente con el Hospital de la Sta. Creu i St. Pau de Barcelona, la Sección de Ingeniería Nuclear del Departamento de Física

e Ingeniería Nuclear de la UPC y el Instituto de Investigaciones Biomédicas de Barcelona (IIBB-CSIC).

Fechas: del 20 al 30 de enero de 2014.

Observaciones: cursos homologados por el Consejo de Seguridad Nuclear. De acuerdo con la normativa vigente, para realizar el curso de supervisores es necesario disponer de titulación universitaria.

Más información: <http://inte.upc.edu/>

### JUNIO 2014

#### **Curso de capacitación para supervisores de instalaciones radiactivas. Campo de aplicación: Radioterapia (INTE)**

Organizado por: Institut de Tècniques Energètiques conjuntamente con la Escuela Española de Oncología Radioterápica de la Sociedad Española de Oncología Radioterápica (EEOR-SEOR) y el Hospital de la Sta. Creu i St. Pau de Barcelona.

Fechas: del 10 al 20 de junio de 2014.

Observaciones: curso homologado por el Consejo de Seguridad Nuclear. De acuerdo con la normativa vigente, para realizar el curso de supervisores es necesario disponer de titulación universitaria.

Más información: <http://inte.upc.edu/>



## La página web de la SEPR

Como ya anunciamos en números anteriores, hace algunos años se crearon usuarios en las principales redes sociales (facebook, twitter y linkedin), conectadas al servicio RSS (really simple syndication) creado anteriormente en la web, con el fin de transmitir la imagen e información de la SEPR utilizando este medio. Dicha conexión permite la publicación automática de los contenidos de la web en todas ellas. Sin embargo no ha existido un mantenimiento de dichas redes sociales, por lo que su funcionamiento no ha sido idóneo. Pedro Ruiz, anteriormente miembro de la junta directiva y del comité de redacción, se ha prestado voluntario para actuar de "social manager" de todas estas redes sociales. Debe hacerse notar la importancia que posee, ya que la SEPR posee en estas redes actualmente más de 5000 seguidores, fundamentalmente de Sudamérica.



Figura 1.- Enlaces a las tres redes sociales a las que se encuentra actualmente conectada la SEPR, en el encabezado de nuestra web.

Además, tras un periodo de elaboración y diseño, por fin podemos anunciar la entrada en funcionamiento de la nueva sección "El experto responde". Dicha sección de preguntas y respuestas fue propuesta por la anterior presidente Marisa España a la comisión de publicaciones. La propia Marisa España junto con Pedro Ruiz y Alejandro Úbeda, ayudados por otros miembros de la SEPR, han elaborado sendos documentos en los que se recogen las preguntas más frecuentes, recopiladas de diversas fuentes. Dichos documentos aparecen en la nueva sección, a la que puede accederse desde la página principal de la web.



Figura 2.- Nueva sección de Preguntas y Respuestas de la SEPR.

En esta nueva sección tanto los socios, como los miembros del público, pueden formular preguntas a la SEPR. Los nuevos responsables de esta sección: Isabel Sierra (CSN) y Leopoldo Arranz (miembro honorífico de la SEPR), a los que agradecemos profundamente su colaboración, se encargarán de remitir las preguntas recibidas a aquellos socios que consideren que pueden dar mejor respuesta.

De nuevo, reiteramos desde aquí la esperanza de que todos los cambios que se realizan desde el Comité de Redacción en la página web, sean de utilidad para los socios, a los que animamos a visitarla para comprobar los cambios que se producen de forma continua en todas las secciones, así como para plantear posibles mejoras en la misma.

## Monográfico sobre desmantelamiento

Pueden encontrarse en la web de la SEPR los siguientes contenidos relacionados con el desmantelamiento, objeto de este monográfico:

Dentro de la sección de Descargables puede encontrarse la presentación realizada en las Jornadas de la PR en 2012: "Protección Radiológica en Desmantelamiento: La experiencia de ENRESA".

Dentro de Reglamentación y Normativa se encuentran el Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre, "por el que se aprueba el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas" y las Instrucciones de Seguridad del CSN, IS-04 de febrero de 2003, "por la que se regulan las transferencias, archivo y custodia de los documentos relativos a la protección radiológica en centrales nucleares con objeto de su desmantelamiento y clausura" e IS-24, de junio de 2010, "por la que se regulan el archivo y los periodos de retención de los documentos y registros de las instalaciones nucleares".

## INFORMACIÓN PARA LOS AUTORES

### 1. PROPÓSITO Y ALCANCE:

La revista **RADIOPROTECCIÓN** es el órgano de expresión de la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR).

Los trabajos que opten para ser publicados en **RADIOPROTECCIÓN** deberán tener relación con la Protección Radiológica y con todos aquellos temas que puedan ser de interés para los miembros de la SEPR. Los trabajos deberán ser originales y no haber sido publicados en otros medios, a excepción de colaboraciones de especial interés, según criterio del Comité de Redacción. Los trabajos aceptados son propiedad de la Revista y su reproducción, total o parcial, sólo podrá realizarse previa autorización escrita del Comité de Redacción de la misma.

Los conceptos expuestos en los trabajos publicados en **RADIOPROTECCIÓN** representan exclusivamente la opinión personal de sus autores.

Todas las contribuciones se enviarán por correo electrónico a la dirección: [redaccionpr@gruposenda.net](mailto:redaccionpr@gruposenda.net)

o por correo postal a:

SENDA Editorial. Revista **RADIOPROTECCIÓN**.  
Calle Isla de Saipán, 47. 28035 MADRID

En el caso de que se utilice el correo postal, se enviarán tres copias en papel y disquete con el trabajo.

### 2. RADIOPROTECCIÓN EN INTERNET

La revista **RADIOPROTECCIÓN** también se publica en formato electrónico y puede consultarse en la página de la Sociedad Española de Protección Radiológica (<http://www.sepr.es>).

### 3. NORMAS DE PUBLICACIÓN DE LA REVISTA RADIOPROTECCIÓN

#### 3.1. Tipo de contribuciones que pueden enviarse a la revista.

Las contribuciones que pueden enviarse a **RADIOPROTECCIÓN** son:

- Artículos de investigación
- Revisiones técnicas
- Noticias
- Publicaciones
- Recensiones de libros
- Convocatorias
- Cartas al director
- Proyectos de I+D

#### 3.2. Normas para la presentación de artículos y revisiones técnicas.

En todos los trabajos se utilizará un tratamiento de texto estándar (word, wordperfect). El texto debe escribirse a espacio sencillo en tamaño 12. La extensión máxima del trabajo será de 12 páginas DIN-A4 para los artículos y de 6 páginas para las revisiones técnicas, incluyendo los gráficos, dibujos y fotografías.

Los trabajos (artículos y revisiones técnicas) deberán contener:

3.2.1. **Carta de presentación.** Con cada trabajo ha de enviarse una carta de presentación que incluya el nombre, institución, dirección, teléfono, fax y correo electrónico del autor al que hay que enviar la correspondencia. Los autores deben especificar el tipo de contribución enviada (ver apartado 3.1).

3.2.2. **Página del título.** Esta página debe contener, y por este orden, título del artículo, primer apellido e inicial(es) de los autores, nombre y dirección del centro de trabajo, nombre de la persona de contacto, teléfono, fax, dirección de correo electrónico y otras especificaciones que se consideren oportunas. Cada autor debe relacionarse con la correspondiente institución usando llamadas mediante números.

El título, que irá en el encabezamiento del trabajo, no tendrá más de 50 caracteres, incluyendo letras, espacios y un máximo de 6 palabras clave que reflejen los principales aspectos del trabajo.

3.2.3. **Resumen.** Se escribirá un resumen del trabajo en castellano y en inglés que expresará una idea general del artículo. La extensión máxima será de **200 palabras en cada idioma**, que se debe respetar por razones de diseño y de homogeneización del formato de la revista.

- Es importante que el resumen sea preciso y sucinto, presentando el tema, las informaciones originales, exponiendo las conclusiones, e indicando los resultados más destacables.

3.2.4. **Texto principal.** No hay reglas estrictas sobre los apartados que deben incluirse, pero hay que intentar organizar el texto de tal forma que incluya una introducción, materiales y métodos, resultados, discusión, conclusiones, referencias bibliográficas, tablas y figuras y agradecimientos.

Se deberían evitar repeticiones entre los distintos apartados y de los datos de las tablas en el texto.

Las abreviaturas pueden utilizarse siempre que sea necesario, pero siempre deben definirse la primera vez que sean utilizadas.

3.2.5. **Unidades y ecuaciones matemáticas.** Los autores deben utilizar el Sistema Internacional de Unidades (SI). Las unidades de radiación deben darse en el SI, por ejemplo 1 Sv, 1 Gy, 1 MBq. Las ecuaciones deben numerarse (1), (2) etc. en el lado derecho de la ecuación.

3.2.6. **Anexos.** Se solicita a los autores que no incluyan anexos, si el material puede formar parte del texto principal. Si fuera imprescindible

incluir anexos, por ejemplo incluyendo cálculos matemáticos que podrían interrumpir el texto, deberá hacerse después del apartado referencias bibliográficas. Si se incluye más de un anexo, éstos deben identificarse con letras. Un anexo puede contener referencias bibliográficas, pero éstas deben numerarse y listarse separadamente (A1, A2, etc.). Debe hacerse mención a los anexos en el texto principal.

3.2.7. **Tablas.** Las tablas deben citarse en el texto pero deben proporcionarse en hojas separadas. Deben ir numeradas con números romanos (I, II, III etc.) y cada una de ellas debe tener un título corto y descriptivo. Se debe intentar conseguir la máxima claridad cuando se pongan los datos en una tabla y asegurarse de que todas las columnas y filas están alineadas correctamente.

Si fuera necesario se puede incluir un pie de tabla. Éste debe mencionarse en la tabla como una letra en superíndice, la cual también se pondrá al inicio del pie de tabla correspondiente. Las abreviaturas en las tablas deben definirse en el pie de tabla, incluso si ya han sido definidas en el texto.

3.2.8. **Figuras.** Las figuras deben citarse en el texto numeradas con números arábigos, proporcionándose en hojas separadas. Las figuras aparecerán en blanco y negro en la revista, excepto casos muy excepcionales, lo que debe ser tenido en cuenta por los autores a la hora de elegir los símbolos y tramas empleados en ellas. Las **fotografías** deberán entregarse en **original** (papel o diapositiva) o como **imágenes digitalizadas en formato de imagen** (jpg, gif, tif, power point, etc.) con una **resolución superior a 300 ppp**. Aunque las imágenes (fotos, gráficos y dibujos) aparezcan inscritas en un documento de word es necesario enviarlas también por separado como archivo de imagen para que la resolución sea la adecuada.

Cada imagen (foto, tabla, dibujo) debe ir acompañada de su **pie de foto** correspondiente.

3.2.9. **Referencias Bibliográficas.** Debe asignarse un número a cada referencia siguiendo el orden en el que aparecen en el texto, es decir, las referencias deben citarse en orden numérico. Las referencias citadas en una tabla o figura cuentan como que han sido citadas cuando la tabla o figura se menciona por primera vez en el texto.

Dentro del texto, las referencias se citan por número entre corchetes. Dentro del corchete, los números se separan con comas, y tres o más referencias consecutivas se dan en intervalo. Ejemplo [1, 2, 7, 10-12, 14]. Las menciones a comunicaciones privadas deben únicamente incluirse en el texto (no numerándose), proporcionando el autor y el año. La lista de referencias al final del trabajo debe realizarse en orden numérico.