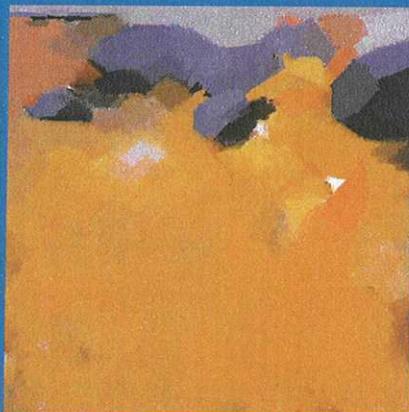


Revista del CSN / Año III / Número 9
IV Trimestre 1998

Seguridad Nuclear



**Cooperación internacional
en seguridad nuclear y residuos**

Las misiones OSART

¿Un mundo nuclear... virtual?

**Normativa internacional
sobre residuos radiactivos**

Centenario del polonio y el radio

**El caso Acerinox en los medios
de comunicación**

Seguridad Nuclear

Revista del CSN
Año III / Número 9
IV Trimestre 1998

Director

Rafael Caro

Comité de redacción

Agustín Alonso, José A. Azuara, Aníbal Martín, Juan M. Kindelán, Carmen Martínez Ten, Luis del Val

Secretaria de redacción

Fátima Rojas

Noticias**Directora**

Matilde Ropero

Comité

A. Esteban Naudín, G. López Ortiz, Javier Reig, M. Rodríguez Martí, M. F. Sánchez Ojanguren, M. A. Villar Castejón

Consejo de**Seguridad Nuclear**

Justo Dorado, 11
28040 Madrid
Tf. 91 346 02 00
Fax 91 346 06 66

Coordinación editorial

RGB Comunicación
Princesa 3, dpdo.
28008 Madrid
Tf. y Fax 91 542 79 56

Impresión

Gráficas Naciones
Río Sil, 3
28110 Algete (Madrid)
Tf. 91 629 21 45
Fax 91 629 22 79

ISSN: 1136-7806

D. Legal: M. 31.281-1996

Portada: Momento de febrero
(José María Cerezo)

Los autores asumen la total responsabilidad de los trabajos que firman. El CSN al publicarlos no pretende expresar su acuerdo con ellos.

1 Editorial

2 Objetivos de la cooperación internacional en seguridad nuclear y gestión de residuos
● Juan Manuel Kindelán

7 Las misiones OSART del OIEA
● Isabel Mellado

13 ¿Un mundo nuclear... virtual?
● Ricardo Salve

18 Normas internacionales sobre seguridad en la gestión de residuos radiactivos
● Eugenio Gil

28 Cien años del descubrimiento del polonio y el radio
● José Manuel Sánchez Ron

34 El caso Acerinox y su repercusión en los medios de comunicación
● Fátima Rojas y Antonio Calvo

40 Noticias

40 Consejo de Seguridad Nuclear / 41 Principales acuerdos del Pleno del CSN / 42 Centrales nucleares / 45 Información general / 46 Protección radiológica y medio ambiente / 46 Publicaciones

48 Resúmenes

Editorial

En 1998 ha tenido lugar un aniversario muy especial: el centenario del descubrimiento del polonio y el radio por parte del matrimonio Curie. Este descubrimiento supuso el inicio de la historia de la radiactividad, un campo de investigación de la física y de la química de extraordinario interés que fue el origen de las múltiples aplicaciones que desde hace un siglo se han venido desarrollando. *Seguridad Nuclear* se hace eco en este número de este cumpleaños rindiendo homenaje a los científicos que lo hicieron posible en el artículo que sobre el tema ha escrito José Manuel Sánchez Ron, especialista en la historia de la Física y autor del libro *Marie Curie y la radiactividad*, recientemente publicado por el Consejo de Seguridad Nuclear.

La radiactividad es hoy una tecnología madura, que ha necesitado el desarrollo de controles cada vez más rigurosos para garantizar la seguridad de sus usos. Tales controles cuentan con una herramienta fundamental, basada en la cooperación internacional, que persigue un consenso de todos los países implicados para lograr la gestión segura de los residuos generados en los diferentes procesos y el máximo control de los mismos. Los objetivos futuros de dicha cooperación y las normas internacionales establecidas para el control de los residuos son el tema de otros dos artículos de este número de *Seguridad Nuclear*.

Asimismo, se recogen otros trabajos dedicados a las misiones establecidas por el Organismo Internacional de Energía Atómica (misiones OSART) para llevar a cabo un control de las prácticas operativas de las centrales nucleares en todos los países. Por otra parte, las aplicaciones de una tecnología como la realidad virtual en el diseño, construcción, operación o desmantelamiento de las centrales nucleares podrían ser una aportación de gran utilidad y una gran fuente de experimentación, a la que se dedica el proyecto internacional Halden, con participación española.

En una tecnología como la nuclear, todos los controles son necesarios para evitar consecuencias indeseadas, como la que tuvo lugar hace unos meses en Los Barrios (Cádiz), cuando una fuente radiactiva se fundió en una planta de producción de acero inoxidable. El hecho fue la consecuencia de una falta de control en el lugar de origen de la chatarra y provocó la lógica preocupación ciudadana por las posibles repercusiones ambientales. En el último artículo de este número se recoge una valoración del asunto realizada desde el punto de vista periodístico ante la enorme demanda informativa que el asunto generó.

 Juan Manuel Kindelán*

Objetivos de la cooperación internacional en seguridad nuclear y gestión de residuos

Los objetivos de la seguridad nuclear y la gestión de residuos radiactivos están enmarcados en el contexto de la cooperación internacional. El presente artículo recoge las reflexiones al respecto

que el autor expuso a finales del pasado mes de septiembre en París con motivo de la conmemoración del 40 aniversario de la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE.

1. Introducción

El factor internacional ha sido siempre muy importante en los temas relacionados con la energía nuclear. El hecho de que la tecnología se desarrollara en un grupo de países reducido, frente a un grupo de usuarios mucho más amplio, contribuyó a establecer una red de relaciones bilaterales y multilaterales que permitiera garantizar la seguridad pública. Esa necesidad de garantizar la seguridad ha fomentado también la cooperación entre los organismos que en cada país están encargados de las tareas reguladoras.

El accidente de la central nuclear Three Miles Island y, especialmente, el ocurrido en Chernóbil pusieron de manifiesto la importancia de la cooperación internacional y convencieron, incluso a los políticos más reticentes, del interés derivado de un intercambio amplio y abierto de prácticas y normas.

Por otra parte, la evolución del sector eléctrico de muchos países

hacia una mayor relevancia del mercado también ha contribuido a reforzar la vertiente internacional, ya que la prevalencia de las reglas del mercado puede llegar a tener una influencia no deseada en la seguridad. Asimismo, la tendencia a reducir los fondos públicos y privados dedicados a la investigación puede traducirse en una presión para disminuir el desarrollo tecnológico.

Nos encontramos, por tanto, ante el desafío de incentivar el esfuerzo tecnológico, que es necesario para que la regulación sea efectiva, y desarrollar un sistema que permita prever con anticipación una tendencia negativa; esa tendencia puede producirse como consecuencia de cambios organizativos en las centrales debidos a la necesidad de adaptarse a la evolución del mercado. Incrementar el conocimiento tecnológico tiene un coste, pero también es la solución a los problemas: los avances tecnológicos pueden significar, al mismo tiempo, un aumento de los niveles de seguridad y una reducción de costes.

Es importante destacar que los distintos niveles alcanzados en los aspectos técnicos por los países que mantienen la opción nuclear han conducido a la comunidad internacional a incrementar sus esfuerzos para aproximar entre sí las prácticas reguladoras, aunque permaneciendo la responsabilidad en cada organismo regulador nacional.

En definitiva, puede decirse que la historia internacional de la comunidad nuclear es ya antigua y que su evolución se ha concentrado en la necesidad de llegar a disponer de una fuente de energía segura. En mi opinión, como expondré a continuación, los objetivos a corto y medio plazo de la cooperación internacional se plantean en torno a dos cuestiones: la seguridad nuclear en general y la gestión de los residuos radiactivos en particular.

2. Seguridad nuclear

La preocupación por la seguridad en la industria nuclear se encontraba ya presente en los primeros programas de desarrollo de este sector, hace más de 40 años. Por vías diferentes, pero con el mismo objetivo, las

* Presidente del Consejo de Seguridad Nuclear.



► **Figura 1.** Los programas de asistencia buscan el incremento de la seguridad en las centrales de países del Este. En la foto, la central nuclear de Dukovany (República Checa).

diversas autoridades nacionales intentaron compartir experiencias y unir esfuerzos para incrementar los niveles de seguridad.

Precisamente con ese ánimo se crearon las dos agencias de París y Viena: la Agencia de Energía Nuclear (AEN) y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), en el marco de la OCDE y de Naciones Unidas, respectivamente. Desde sus orígenes el OIEA se convirtió en un organismo de carácter más político, mientras que la AEN actuó como un centro técnico para el desarrollo. Esta complementariedad, que fue prevista por los países desarrollados miembros de ambas agencias, es aún operativa, aunque necesitaría ser revisada a la luz de los problemas actuales.

Pero, además de estas actividades multilaterales, se han desarrollado también otras fórmulas importantes de cooperación internacional. En primer lugar, los acuerdos bilaterales han sido una herramienta de gran utilidad en temas específicos, incrementando la confianza mutua no sólo en aspectos técnicos sino en el campo de la política y de la opi-

nión pública. En ocasiones, incluso han servido de base para desarrollar iniciativas multilaterales más complejas, con logros más o menos ambiciosos, pero sin plantear conflictos con las agencias internacionales.

En segundo lugar, hay que reconocer los avances conseguidos por los propios explotadores, cuya cooperación al margen de los organismos gubernamentales ha contribuido significativamente a la difusión de buenas prácticas de gestión y al incremento de los niveles de seguridad. La asociación mundial de operadores nucleares es una de estas iniciativas, y en ella se concentran personal de explotación y centenares de instalaciones nucleares, que serían difícilmente contactables por agencias gubernamentales. Esta clase de colaboraciones permiten dar pasos fundamentales para alcanzar los objetivos de la seguridad nuclear.

2.1. La Convención de Seguridad Nuclear

Este documento, adoptado en 1996, representa una obligación legal para conseguir y mantener altos gra-

dos de seguridad nuclear. Los países firmantes se comprometen a alcanzar los niveles mínimos internacionales en los temas principales de reglamentación, gestión y funcionamiento de las centrales nucleares. Una de las características más interesantes consiste en que cada país debe preparar un informe sobre los modos establecidos para respetar las obligaciones impuestas por la convención; posteriormente, el informe es examinado por otros países, lo que representa un paso más en la cooperación entre las autoridades responsables de la reglamentación.

En la actualidad, sólo quedan tres países con centrales nucleares en funcionamiento que aún no han ratificado la convención.

2.2. Los programas de asistencia

Como consecuencia de los importantes cambios políticos producidos por la fragmentación de la Unión Soviética, y tras el impacto causado en la opinión pública por el accidente de Chernóbil, los países occidentales decidieron hace algunos años preparar programas

para incrementar la seguridad de los reactores de diseño ruso y para otorgar un papel protagonista a las autoridades responsables de la reglamentación en los países en los que funciona esa clase de reactores.

A estos programas se han destinado importantes recursos económicos, tanto en el marco bilateral como multilateral. Paulatinamente se ha avanzado en la transferencia de las políticas de seguridad desarrolladas en Occidente, por lo que en el futuro deberán progresar más como una cooperación que como una ayuda o asistencia. Pero, en todo caso, estos esfuerzos han constituido y seguirán constituyendo en el futuro una característica fundamental de la cooperación internacional para la seguridad nuclear, que establece prioridades nuevas tanto a nivel político como técnico.

2.3. Protección del medio ambiente

La creciente preocupación social por un desarrollo seguro y más limpio ha tenido ya un efecto práctico sobre la cooperación internacional. Además, como esa preocupación es cada vez más perentoria, la cooperación tendrá carácter protagonista en las decisiones regulatorias que se tomen en materia de energía nuclear. En este contexto, hay que insistir en la necesidad de la participación de la AEN en las decisiones sobre el desarrollo sostenible, aportando su competencia técnica, pero de forma objetiva y nunca con fines promocionales de la energía nuclear.

2.4. La asociación de organismos reguladores

En los últimos años se han puesto en marcha otras iniciativas de colaboración entre organismos reguladores. Se trata de iniciativas no oficiales que completan el esquema multilateral y que requieren una forma sencilla de inter-

cambio de experiencias en un ambiente abierto. Estos acuerdos no pretenden competir en absoluto con las organizaciones oficiales internacionales, sino que son un elemento útil para completarlas. La Asociación Internacional de Reguladores Nucleares (INRA), el Foro Iberoamericano de Reguladores Nucleares y la próxima asociación que está actualmente constituyéndose de reguladores de la Unión Europea son excelentes ejemplos.

3. Gestión de residuos radiactivos

La gestión de los residuos radiactivos es un motivo constante de preocupación social, ya que los ciudadanos aceptan con dificultad su almacenamiento, incluso aunque los aspectos técnicos estén correctamente resueltos.

La comunidad internacional ha utilizado los mecanismos disponibles para enfrentarse de una forma eficaz a los problemas que plantea la gestión de estos residuos. Se ha utilizado la experiencia obtenida durante ya bastantes años en la cooperación entre los países para los temas de seguridad nuclear, y la AEN y el OIEA han promovido un intercambio de información técnica que ha constituido la base de la estrecha colaboración que existe en este campo. Como ejemplo de los resultados obtenidos en los trabajos internacionales, cabe destacar los documentos publicados sobre los niveles normalizados de seguridad de los almacenamientos de residuos y algunas opiniones colectivas sobre el tema. Estos documentos han resultado de utilidad para todos los países miembros.

Al igual que ocurre con la seguridad nuclear, la evolución de la cooperación internacional en la gestión de los residuos radiactivos tiene que concentrar los recursos disponibles en las cuestiones que se consideren prioritarias.

3.1. Convención mixta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y los residuos radiactivos

Este acuerdo, que ha sido objeto de largas negociaciones en los últimos años, fue adoptado en septiembre de 1997, y se encuentra en la actualidad en curso de ratificación tras haber sido firmado por la mayor parte de los países desarrollados.

El acuerdo obliga a cada país a adoptar las medidas necesarias para garantizar una gestión de los residuos radiactivos y del combustible gastado segura y respetuosa con el medio ambiente y, al igual que la convención gemela de seguridad nuclear, prevé una serie de exámenes mutuos realizados por los miembros de la convención en el curso de reuniones públicas.

La convención representa un compromiso evidente frente a cuestiones que generan gran sensibilidad, como el transporte de material nuclear o la desregulación de los residuos con un nivel de radiactividad muy pequeño, y puede tener consecuencias sobre los métodos y las prioridades de la cooperación internacional a corto plazo.

3.2. Desmantelamiento de centrales nucleares

La desregulación del mercado eléctrico está originando consecuencias en la industria de producción de energía eléctrica en muchos países. La decisión de dedicar recursos significativos para elevar el nivel de seguridad de las plantas más antiguas dependerá de criterios económicos, y podría ocurrir que el número de centrales que se aproximan a su desmantelamiento sea mayor que el esperado a corto y medio plazo. Aunque el coste y las obligaciones que deban ser contraídas correspondan al país y a los propietarios de las centrales, la consecución de estos objetivos se facilitará claramente con programas sólidos de coope-

ración internacional. Conviene que los países puedan intercambiar información sobre sus procedimientos de autorización de funcionamiento a las centrales, protección contra las radiaciones, consecuencias para el medio ambiente de los trabajos que haya que realizar y garantías de una correcta financiación.

3.3. Almacenamiento definitivo de residuos radiactivos

La gestión de residuos radiactivos de baja actividad está resuelta en muchos países y, aunque no sin problemas, es aceptada por quienes tienen que tomar decisiones y por la opinión pública. En cambio, la gestión de residuos de alta actividad, en especial el combustible gastado, se encuentra muy lejos de la aceptación, y aunque desde el punto de vista técnico se conozcan las diferentes soluciones que pueden aplicarse a corto plazo, no hay consenso sobre las medidas a tomar y sobre el calendario que haya que respetar.

La cooperación internacional puede ser un elemento clave para conseguir un consenso técnico entre los diferentes países, como

lo demuestra el llamado *espíritu de Córdoba*, surgido tras la reunión celebrada en enero de 1997, en la que las partes implicadas en la resolución del problema (reguladores, responsables de la gestión e instituciones de investigación) catalogaron los elementos claves para llegar a una solución bien fundamentada. Es importante no desperdiciar los esfuerzos realizados y no perder el entusiasmo, de forma que los responsables de tomar decisiones políticas puedan disponer de una respuesta a los problemas que plantea la opinión pública.

Por otra parte, se debe aún incrementar el conocimiento tecnológico sobre los problemas de diseño y evaluación de la seguridad a largo plazo del almacenamiento futuro. La cooperación internacional, en particular en el seno de la AEN, es de nuevo un buen camino para conseguir estos objetivos. Debemos recordar, sin embargo, que el problema ha llegado a ser más sociopolítico que técnico y este hecho debe prevalecer en la planificación de las investigaciones que deban llevarse a cabo.

3.4. Proyectos de investigación cooperativos

Una etapa básica para demostrar la adecuación de las soluciones técnicas son los trabajos de investigación cooperativos, dirigidos a conocer el comportamiento del combustible gastado en condiciones determinadas de almacenamiento y para largos periodos de tiempo. La cooperación internacional es inevitable para tener éxito en esta actividad, tanto por el eficiente uso de recursos como por la participación de las diversas capacidades técnicas que se precisan. Los resultados de estos esfuerzos aportarán conocimientos adicionales de forma que se pueda reforzar lo que ya se sabe acerca de las diversas alternativas de almacenamiento disponible. En este sentido, es importante no olvidar diferentes investigaciones relacionadas con los efectos biológicos de las radiaciones, que fueron motivo de una reciente conferencia internacional celebrada en Sevilla, patrocinada por el OIEA y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

4. Perspectivas futuras

Como ya se ha mencionado, la cooperación internacional ha sido y continúa siendo un elemento indispensable para resolver los problemas que plantea la seguridad nuclear y la gestión de los residuos. Dado que la sociedad manifiesta una creciente preocupación por el medio ambiente, incluyendo la seguridad radiológica y el tratamiento de los residuos, la necesidad de dicha cooperación internacional será cada vez mayor. Será necesario, por tanto, disponer de un sistema que permita conseguir un consenso técnico suficiente, utilizando los recursos disponibles de una forma eficaz.

Aunque la responsabilidad de la actividad sea propia de cada



► **Figura 2.** Planta Thorp de tratamiento de combustible gastado de Sellafield (Reino Unido).

país, la confianza pública y política depende, en gran medida, de los resultados del funcionamiento de las centrales en el mundo entero. La cooperación internacional debería seguir manteniendo como objetivo principal contribuir a que los diferentes países puedan alcanzar un alto grado de seguridad.

Proporcionar asistencia y conseguir un consenso técnico sólo será posible con la colaboración y coordinación entre los distintos sistemas multilaterales. En todo caso, la presión para mejorar el rendimiento económico de las instalaciones con una limitación de recursos es cada vez más fuerte, por lo que es preciso un com-

promiso activo entre los países y las agencias internacionales para definir los papeles respectivos, así como las prioridades de las distintas organizaciones, lo que permitirá conseguir un esquema internacional eficaz.

Para concluir estas reflexiones quisiera reforzar la evidencia de que los resultados muestran que se ha alcanzado un alto grado de seguridad en las distintas instalaciones, lo cual prueba que se ha realizado un progreso importante y paulatino.

La cooperación internacional ha desempeñado y seguirá desempeñando un papel crucial para asegurar que este progreso continúe. La tecnología es hoy en día

suficiente para procurar soluciones adecuadas a los problemas planteados, y este mensaje debe ser transmitido a los responsables de tomar decisiones y a la opinión pública en cada uno de nuestros países, y para ello puede resultar útil la actividad de las organizaciones internacionales.

La AEN es un centro de excelencia técnica y reconocido prestigio en el mundo entero y constituye un elemento central en esta tarea. Contribuyamos todos a que este organismo incremente aún más ese prestigio para transmitir a la opinión pública las dimensiones reales del riesgo nuclear, mostrando el consenso de los expertos internacionales en cada tema. 

Las misiones OSART del OIEA

El Organismo Internacional de Energía Atómica estableció en 1983 un programa de revisión de las prácticas de operación de centrales nucleares. Desde entonces han tenido lugar más de un centenar de las

llamadas misiones OSART, que son llevadas a cabo por un grupo de expertos internacionales con el objetivo de promover un desarrollo continuo de la seguridad operacional.

1. ¿Qué es una misión OSART?

Una misión OSART (Operational Safety Review Team) es una revisión de las prácticas operativas de una central nuclear con el fin de compararlas con las mejores prácticas internacionales y promover un desarrollo continuo de la seguridad operacional. Estas misiones son organizadas por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y realizadas por un equipo de expertos internacionales, seleccionado entre personal con experiencia directa en el tema.

Las misiones OSART son solicitadas voluntariamente al OIEA por los gobiernos de los países que quieren tener este respaldo internacional a la forma en que se están operando sus centrales nucleares y los informes con los resultados de las mismas son enviados directamente por el OIEA al gobierno del país que la solicitó, deviniendo públicos al cabo de cierto tiempo.

Además de los beneficios inmediatos para la central en la que se realiza la revisión, los resultados de estas misiones se difunden a toda la comunidad internacional, dándose a conocer las mejores prácticas identificadas y las recomendaciones y sugerencias emitidas, contribuyendo así a la mejora de las prácticas operativas en las centrales de todo el mundo.

El programa OSART comenzó en 1983 y desde entonces hasta mayo de 1998 se han realizado 112 misiones en 72 centrales y en 31 países. En 1998 se han realizado o están previstas misiones OSART en Francia (en dos centrales), España, Bulgaria y Kazajistán. Adicionalmente, se están realizando visitas de seguimiento a centrales en las que se había realizado anteriormente una misión OSART o reuniones preparatorias de las previstas para el próximo año. En la tabla de la página siguiente puede verse el programa completo de actividades para 1998.

En España se han realizado misiones OSART en Almaraz (1987), Cofrentes (1990) y Ascó (1998).

2. Desarrollo de una misión OSART

Una misión OSART se desarrolla en tres etapas: preparación, realización y visita de seguimiento.

La preparación comienza a partir de la solicitud del gobierno del país con la designación por el OIEA del jefe de la misión y la celebración de una reunión en la central con el personal de la misma para explicar los objetivos y alcance de la misión, métodos de trabajo, organización, infraestructura necesaria, etcétera. Esta reunión tiene lugar un año antes de la realización de la misión. Tras ella, se inician las gestiones para la formación del equipo de expertos que la llevará a cabo, entre personal técnico de distintos países con experiencia directa en cada una de las materias a revisar. Para formar parte de estos equipos se requiere una experiencia mínima de diez años en el campo nuclear y de cinco años en el área que se va a revisar. Suelen estar formados por unos diez o doce expertos, más dos o tres observadores.

Asimismo, la central designa entre su personal a un representante que formará parte del equipo de revisión del OSART, y a un interlo-

* Doctora en Ciencias Físicas, pertenece a la Dirección Técnica del CSN desde su creación. Actualmente es coordinadora de Proyectos en la Subdirección de Centrales Nucleares.

cutor para cada una de las áreas a revisar, que será responsable de suministrar al experto encargado de revisar ese área la información y el personal de contacto necesarios, así como de acompañarle durante todo el desarrollo de la misión.

La realización de la misión tiene lugar durante tres semanas, a lo largo de las cuales los expertos hacen una revisión directa en la central de las actividades que se llevan a cabo dentro de cada una de las áreas de revisión, mediante observación directa de actividades en campo, entrevistas con el personal y revisión de procedimientos, registros y toda aquella documentación que estimen necesaria. A través de esta revisión se identifican los aspectos que pueden ser objeto de mejora y las buenas prácticas de la central que se deben dar a conocer a la comunidad internacional por presentar características específicas no habituales en otras plantas y que han demostrado su eficacia.

Estos hallazgos, tras su discusión y aprobación por todo el equipo de expertos que realiza la misión, se emitirán en el informe como recomendaciones, sugerencias o buenas prácticas.

La visita de seguimiento tiene lugar entre 12 y 18 meses tras la realización de la misión y es realizada por un grupo reducido de los expertos que formaron el equipo de la misión.

3. Áreas de revisión

Las áreas de revisión se centran en los aspectos claves de la explotación de una central nuclear: organización, formación, operación, mantenimiento, apoyo técnico, protección radiológica, química y preparación para emergencias. En el caso de plantas en construcción, se añaden otras como obra civil, montaje de equipos, pruebas de puesta en marcha, y actividades de licenciamiento. La revisión está enfocada a la seguridad operacional y no incluye, por tanto, un examen del diseño de la planta ni una

► **Tabla 1. Programa OSART (1998)**

Actividad	Central	Fecha
O	Paluel (Francia)	12–29 enero
FO	Beznau (Suiza)	16–20 febrero
T	Ascó (España)	26–27 febrero
FO	Bohunice 3 y 4 (Eslovaquia)	2–6 marzo
T	Qinshan (China)	16–20 marzo
T	Kanupp (Pakistán)	20–24 abril
T	Embalse (Argentina)	20–24 abril
FO	Daya Bay (China)	4–8 mayo
O	Ascó (España)	18 mayo–4 junio
T	Kozloduy (Bulgaria)	25–29 mayo
FO	Dampiere (Francia)	15–19 junio
FO	Laguna Verde (Méjico)	17–21 agosto
O	Kozloduy (Bulgaria)	21 septiembre–8 octubre
O	Golfech (Francia)	26 octubre–12 noviembre
FO	Khmelnitzki (Ucrania)	
O	Kazajistán	
T	Chasnupp, Pakistán	
T	Ignalina, Lituania	

FO: Visita de seguimiento / O: Misión OSART / T: Reunión de intercambio técnico

valoración general de la seguridad de la instalación. A continuación se resumen los aspectos principales que son objeto de revisión durante una misión OSART.

3.1. Dirección, organización y administración

La operación segura y eficiente de una central nuclear requiere el establecimiento de una organización de explotación con responsabilidades bien definidas, con recursos adecuados y objetivos claros y visibles para todo el personal.

En este área se revisan la estructura de la organización y la asignación de responsabilidades. Debe existir una línea clara de autoridad y cauces establecidos para las comunicaciones verticales y horizontales dentro de la organización. También debe comprobarse que se establecen objetivos claros y concretos por parte de la dirección, que se lleva un seguimiento ade-

cuado de los mismos –analizando las desviaciones producidas–, y que se introducen medidas correctoras cuando son necesarias. Asimismo, deben existir directrices claras sobre la prioridad de los temas de seguridad como signo de la existencia de una adecuada cultura de seguridad en la organización.

Otro de los temas importantes de revisión dentro de este área es el programa de garantía de calidad aplicado a las actividades relacionadas con la seguridad, que permite comprobar que dichas actividades se realizan siguiendo procedimientos escritos y que su ejecución se registra adecuadamente, de manera que las actividades realizadas sean traceables y puedan ser sometidas a una verificación independiente de los responsables de la ejecución. Asimismo, se revisa la relación de la central con el organismo regulador y el papel de supervisión de los aspectos relacio-



► **Figura 1.** El equipo OSART, durante la misión desarrollada en Ascó en 1998.

nados con la seguridad nuclear que éste realiza, aunque manteniendo siempre la responsabilidad de la seguridad de la planta en el explotador. Por último, también se revisan dentro de este área los aspectos de seguridad industrial y de seguridad e higiene en el trabajo.

3.2. Formación y entrenamiento

La cualificación del personal de explotación es uno de los aspectos esenciales de la seguridad de una instalación nuclear. El nivel inicial de preparación requerido para cada puesto de trabajo y los requisitos de reentrenamiento varían según las funciones asignadas, debiendo garantizarse que todo el personal está capacitado para ejercer el puesto que desempeña y que sólo personal con la cualificación requerida es asignado a cada puesto. Los programas de formación deben garantizar los conocimientos y habilidades necesarios para el desempeño de cada

puesto de trabajo, actualizándose para incorporar la experiencia operativa y reflejar los cambios introducidos en la central. El impacto en la seguridad de las funciones de cada puesto y las consecuencias de los errores que puedan cometerse deben ser parte importante de los planes de formación junto con otros elementos básicos de la cultura de seguridad. Los responsables deben asegurar que las necesidades de producción no interfieran en la ejecución de los programas de formación establecidos.

Las conclusiones sobre la revisión de los programas de formación del personal se analizan con los expertos del OSART encargados de cada una de las áreas, para comprobar si las deficiencias que pudiera haber en los programas de formación tienen impacto en la actuación del personal y pueden ser origen de las deficiencias detectadas en el área de revisión de que se trate.

3.3. Operación

El grupo de operación es el encargado de controlar el funcionamiento del reactor y sus sistemas asociados, tanto en condiciones normales (arranque, parada, cambios de carga, etcétera), como en transitorios y accidentes.

En este área se revisa la composición del turno de operación, la autoridad y las responsabilidades de los jefes y supervisores de turno, la planificación de las actividades, el control de los equipos fuera de servicio por mantenimiento o vigilancia, el registro de las incidencias en los libros de operación y la transmisión de información durante los cambios de turno. Asimismo, son objeto de revisión los procedimientos de operación tanto para condiciones normales como de emergencia, para comprobar que contienen instrucciones claras y concretas, que están actualizados a la situación real de la planta y que contienen los límites y condiciones de seguridad a que debe ajustarse la operación.

El historial de operación de la planta es otro de los temas importantes de revisión para verificar que la explotación de la misma se está realizando de forma adecuada y analizar las tendencias en el comportamiento general de la planta.

Las ayudas de que dispone el personal de operación en sala de control para realizar sus funciones son otros de los temas de revisión. La claridad de las alarmas, los niveles de iluminación, la identificación de los equipos, los sistemas informáticos de supervisión del reactor y la presentación de parámetros de seguridad, deben facilitar al personal de operación la identificación de las posibles incidencias que puedan presentarse y la ejecución de las maniobras apropiadas para el control de las mismas dentro de las condiciones de seguridad de la planta. Los programas de formación y reentrenamiento son también objeto de revisión, incluyendo

los medios e instalaciones disponibles y el uso de simuladores.

Adicionalmente, en este área se revisa el programa de protección contra incendios de la central, incluyendo los manuales y procedimientos de protección contra incendios, la composición y formación de la brigada, los medios disponibles, y los ejercicios y simulacros de entrenamiento.

3.4. Mantenimiento

La organización de mantenimiento es responsable de que las estructuras, sistemas y equipos de la planta funcionen en todas las condiciones previstas dentro de lo establecido en el diseño, previendo la posible degradación de los mismos.

La revisión debe comprobar que el programa de mantenimiento incluye todos los componentes importantes para la seguridad y que contiene las actividades de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo necesarios para garantizar el correcto funcionamiento de los mismos.

La estructura y composición de la organización de mantenimiento es otro de los aspectos importantes a revisar, verificando que existe una adecuada coordinación entre los grupos de mantenimiento mecánico, eléctrico e instrumentación y control, y que existen cauces adecuados de comunicación con los grupos de operación e ingeniería de apoyo. Las instalaciones y procedimientos de mantenimiento son revisados para comprobar que son adecuados para la ejecución segura y eficiente de las actividades previstas. Asimismo, se revisan los registros de las actividades de mantenimiento para comprobar que las anomalías e incidencias quedan adecuadamente reflejadas, permitiendo la trazabilidad y el seguimiento del comportamiento de los equipos, análisis de tendencias, control de envejecimiento, etcétera.

El programa de inspección en servicio, el estado y control de los

almacenes y repuestos, y los programas de mantenimiento durante las recargas son otros de los aspectos incluidos en la revisión.

Por último, las visitas directas sobre el terreno permiten comprobar el buen estado de los componentes, la adecuada identificación de los mismos, las condiciones de limpieza y buena conservación, y la ausencia de signos de deterioro en calorifugados, aislamientos, soportes, etcétera.

3.5. Apoyo técnico

Dentro de este grupo se incluyen todas las actividades de ingeniería relacionadas con los programas de vigilancia, diseño del núcleo, manejo y gestión del combustible, aplicaciones de ordenadores, modificaciones de diseño y análisis de experiencia operativa.

En la revisión se comprueba que existe una asignación clara de responsabilidades para las actividades incluidas en este área y que hay establecidos cauces adecuados de comunicación entre los distintos departamentos implicados, así como con las secciones de operación y mantenimiento.

En cuanto al programa de requisitos de vigilancia, debe comprobarse que es adecuado para garantizar que se mantienen todas las hipótesis y condiciones de seguridad supuestas en el diseño, y que tiene capacidad para detectar las condiciones anómalas o degradadas que pudieran darse durante la operación. Deben revisarse los procedimientos establecidos para la ejecución de los requisitos de vigilancia, los intervalos de tiempo establecidos para cada una de las actividades, los registros obtenidos, la documentación y el análisis de las anomalías detectadas, y la preparación y realización de pruebas especiales no programadas.

El programa de análisis de experiencia operativa debe incluir una revisión detallada de los incidentes significativos desde el punto de vista de seguridad, para

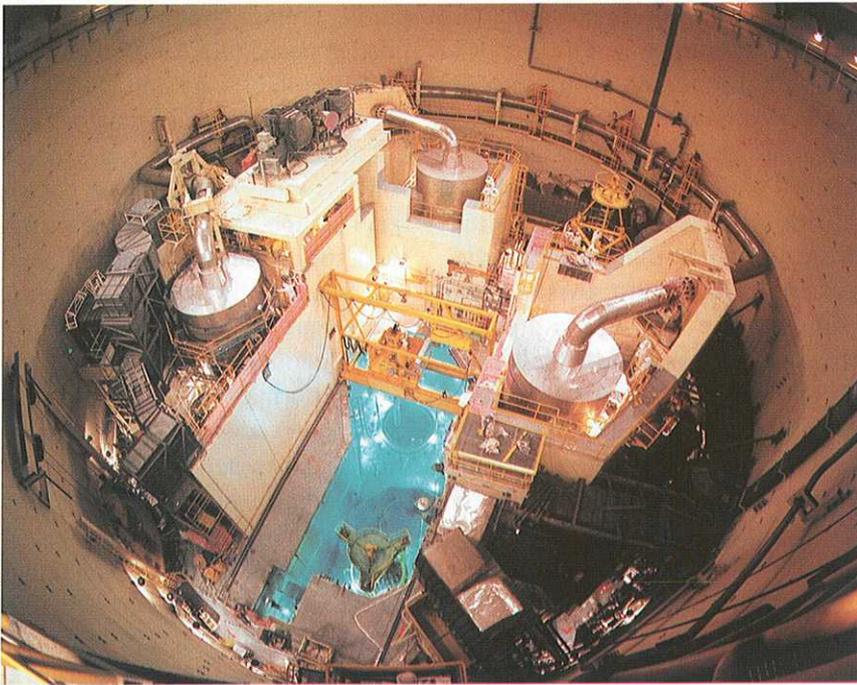
identificar su causa raíz y establecer las acciones correctoras adecuadas para evitar su repetición. Asimismo, deben tenerse establecidos indicadores de funcionamiento que permitan seguir la tendencia del comportamiento de la planta y los aspectos de seguridad más relevantes. Por último, se debe comprobar la existencia de un programa de análisis de la experiencia operativa externa, que incluya los incidentes más relevantes ocurridos en otras centrales y que pudieran ser aplicables.

El análisis y control de las modificaciones de diseño es otro de los aspectos importantes a revisar, para garantizar que se mantienen las bases de diseño y las condiciones de seguridad y licencia de la central. Este programa debe incluir las modificaciones permanentes y temporales y debe establecer los análisis de seguridad a realizar, los controles durante la implantación, las pruebas para la puesta en marcha y la actualización de la documentación, incluyendo el estudio final de seguridad.

Las actividades de ingeniería del reactor deben garantizar la operación segura del mismo. La revisión incluye los controles y verificaciones sobre el diseño del núcleo, los procedimientos de vigilancia y control de la reactividad, las comprobaciones de margen de parada, mapas de flujo, secuencias de barras de control, etcétera. Asimismo, debe revisarse el control y vigilancia del combustible desde su recepción, seguimiento del historial de potencia, almacenamiento, etcétera, dándose al mantenimiento de la integridad del combustible una alta prioridad.

3.6. Protección radiológica

En el área de protección radiológica se revisan los programas de la central para el control de la exposición a la radiación tanto de los trabajadores como de los miembros del público en general, para garan-



► **Figura 2.** Las áreas de revisión de las misiones OSART se centran en aspectos clave de la explotación de una central nuclear.

tizar que dicha exposición se mantiene en niveles tan bajos como sea razonablemente posible y siempre por debajo de los valores recomendados internacionalmente.

La organización del servicio de protección radiológica se revisa para comprobar que existe una definición clara de funciones y responsabilidades y que tiene autoridad suficiente para controlar el cumplimiento de las normas y procedimientos de protección radiológica. Debe comprobarse que existe un control adecuado de todo el personal que realiza trabajos en zonas expuestas a la radiación y que se toman las medidas adecuadas para minimizar las dosis que se reciben durante la ejecución de los mismos. Para ello, se debe revisar la preparación de dichos trabajos, las indicaciones y controles de accesos a las zonas con riesgos de radiación o contaminación, el vestuario y medidas de protección adoptadas, la limpieza y las medidas para evitar la dispersión de contaminación.

Debe comprobarse que existe un programa de dosimetría que incluya a todo el personal que acude a zona controlada, con una asignación adecuada de dosímetros, que la calibra-

ción y lectura de los mismos se realiza de forma correcta, que se dispone de métodos y procedimientos acordes a las recomendaciones internacionales para los cálculos de dosis equivalentes, que se tienen contadores de cuerpo entero y se interpretan adecuadamente sus resultados, y que se utilizan procedimientos adecuados para el control de la contaminación interna. Asimismo, se debe analizar al evolución de las dosis recibidas por el personal a lo largo del tiempo para comprobar si se han implantado mejoras, si existe una tendencia de disminución de dosis o si hay causas fundadas que impidan la consecución de mejores resultados.

Otro aspecto importante de la revisión es el programa de control de la descarga de efluentes radiactivos al exterior, dentro de los límites establecidos por la reglamentación nacional y las recomendaciones internacionales. Deben estar adecuadamente monitorizadas y controladas las diferentes vías de descarga de efluentes líquidos y gaseosos, realizándose los cálculos de dosis y la evaluación del impacto radiológico en el exterior. Para comprobar el impacto de la operación de la cen-

tral en el exterior, se revisa el programa de vigilancia radiológica ambiental establecido, incluyendo el programa de toma de muestras, los radionucleidos monitorizados, los métodos para asignación de dosis a grupos críticos y a la población en general, así como los valores específicos de dispersión utilizados.

Dentro del área de protección radiológica, se revisa también el control de la gestión de los residuos sólidos, incluyendo el proceso de acondicionamiento, identificación y almacenamiento de bultos, así como los programas y actuaciones llevados a cabo para minimizar la producción de residuos.

3.7. Química

En este área se revisa el tratamiento químico de los distintos circuitos de la central para verificar que es adecuado y garantiza la operación segura de la misma a lo largo del tiempo. Para ello, se analizan dichos tratamientos y las medidas específicas adoptadas para minimizar la corrosión, para proteger los materiales sensibles a ataque intergranular por corrosión bajo tensión, y para controlar los fenómenos de erosión-corrosión, entre otros. Asimismo se revisan el programa de vigilancia química, la frecuencia de las tomas de muestras, las técnicas analíticas utilizadas, los procedimientos en vigor, el control de los resultados y los análisis de tendencias. Otro aspecto importante de la revisión es el equipamiento de los laboratorios, los sistemas de tomas de muestra, la instrumentación disponible y sus procesos de calibración.

3.8. Preparación para emergencias

En este área se revisan las actividades y capacidades de la central para hacer frente a situaciones de emergencia con el fin de mitigar sus consecuencias y proteger la salud del personal de la central y del público en general. Asimismo, se revisa la organización de los organismos públicos responsables de coordinar y

dirigir las actuaciones de emergencia en el exterior de la central.

En primer lugar, se analiza la organización y distribución de funciones, así como los planes de emergencia interior y exterior, para comprobar que existe una asignación clara de responsabilidades y una adecuada interfase entre ambos planes, y que están tratados todos los aspectos a cubrir en estas situaciones. Dentro de este apartado se presta especial atención a la notificación a las autoridades de las situaciones de emergencia, así como a los compromisos adquiridos sobre comunicación a organismos internacionales y a los países fronterizos.

Asimismo, se revisan los procedimientos, equipos e instalaciones de que se dispone, tanto en el interior como en el exterior, para que las intervenciones necesarias puedan llevarse a cabo de forma controlada y efectiva.

Por último, se revisa la información a la población de los alrededores de la central que pudiera verse afectada por una emergencia, sobre las actuaciones a llevar a cabo, los medios con que se cuenta y las líneas de autoridad y comunicación establecidas para estos casos.

4. Metodología de trabajo

La revisión de las prácticas de una central por una misión OSART se lleva a cabo a través de una sistemática bien establecida en guías publicadas por el OIEA, que incluye el examen de documentación, entrevistas al personal y observación directa en la planta.

Durante la fase de preparación, la central remite al equipo del OSART documentación general sobre la organización y el funcionamiento de las distintas secciones, así como datos sobre el historial de operación de la planta. Posteriormente, durante la propia misión, cada experto revisa la documentación más relevante del área que tiene asignada, incluyendo los manuales de organización, programación de actividades, procedimientos, registros de ejecución y entrenamiento del personal.

Adicionalmente, el experto responsable de cada área realiza entrevistas con el personal de la central con el fin de obtener información adicional, confirmar conclusiones preliminares obtenidas del examen de la documentación, comprobar la asunción de responsabilidades y la forma en que el personal entiende sus funciones y sus relaciones con el resto de la organización, y valorar la competencia profesional, el grado de satisfacción en el trabajo y el compromiso con los temas de seguridad.

Por último, un tercer elemento básico de la revisión, y al que se dedica una gran parte de tiempo, es la observación directa en la planta.

Con la información obtenida, el experto elabora sus informes técnicos, en los que debe recoger los hechos observados, destacar las buenas prácticas identificadas y formular las recomendaciones.

Los criterios de comparación para establecer estas conclusiones están basados en las mejores prácticas internacionales identificadas

por los propios expertos y las recopiladas por el OIEA como resultado del propio programa OSART y otras actividades internacionales. Las conclusiones de cada experto son discutidas ampliamente por todo el equipo, de manera que no pasan a formar parte del informe final más que aquellas que han alcanzado un cierto grado de consenso por parte de todo el equipo.

El informe final recoge los hechos observados y las recomendaciones, sugerencias y buenas prácticas identificadas, entendiéndose por tales lo siguiente:

- Recomendaciones: son aquellas mejoras que debe introducir la central para que sus prácticas en el tema de que se trate estén al nivel de las buenas prácticas reconocidas internacionalmente.

- Sugerencias: son aquellos aspectos que la central debe analizar porque podrían ser susceptibles de mejora.

- Buenas prácticas: son aquellas prácticas identificadas que sobresalen de la media internacional y que presentan características singulares, de eficacia probada, por lo que se ofrecen a las demás centrales como modelo para conseguir la excelencia.

El informe final es un documento oficial del OIEA que se emite en borrador entre uno y dos meses después de finalizada la misión, y es enviado a la central y al gobierno del país solicitante para comentarios. Tras el periodo de comentarios se emite el informe final, que se hace público a los 90 días de su emisión. 

¿Un mundo nuclear... virtual?

El gran desarrollo que ha experimentado la tecnología de la realidad virtual en los últimos años ha abierto la posibilidad de su aplicación a diversos procesos industriales. En este

artículo se describen los posibles usos de esta técnica en las centrales nucleares en diversas fases, como el diseño, la construcción, la operación o el desmantelamiento.

1. La tecnología de la realidad virtual

En el ejercicio de la sana práctica de acudir al diccionario para resolver dudas respecto del significado y la aplicabilidad de determinados vocablos, encontramos que *virtual*, como adjetivo, “se aplica a un nombre para expresar que la cosa designada por él tiene en sí la posibilidad de ser lo que ese nombre significa, pero no lo es realmente” (*sic*), lo cual nos sugiere cierta idea de simulación. Continuando con nuestra búsqueda, el diccionario de sinónimos nos propone, entre otros, “aparente o imaginado”, lo que nos ofrece una pista sobre las posibilidades de lo que se entiende por realidad virtual (RV).

Es, sin embargo, a través de la evidencia empírica (viendo o, para ser más precisos, experimentando ejemplos prácticos de aplicaciones) como obtenemos una idea más clara del alcance y significado de la realidad virtual que, a nuestro entender no es más –ni menos– que una *tecnología de visualización e interacción* con los ordenadores

que, a buen seguro, revolucionará las relaciones entre el hombre y los sistemas tecnológicos.

Esta tecnología comprende tanto *software* como *hardware* y es capaz de proporcionar al usuario la información sobre un proceso con un nivel de realismo e interactividad que dejan a años luz los tiempos en los que la única interacción posible con el ordenador eran la tarjeta perforada y la impresora.

En lo que se refiere al *software*, podemos mencionar como destacables las siguientes capacidades:

- Visualización interactiva en 3D, fácilmente modificable.
- Respuesta en tiempo real.
- Posibilidad de animación, pudiendo introducir modelos de comportamiento.
- Posibilidad de acoplamiento con bases de datos multimedia preexistentes (sonido, fotografía, vídeo).
- Posibilidad de navegar o caminar (*walk-through*) por el modelo.
- Posibilidad de compartir el modelo en tiempo real por varios usuarios.
- Posibilidad de incorporar *maniqués* al modelo para simular la presencia humana.
- Posibilidad de transporte y utilización de las aplicaciones a través de Internet.

En cuanto al *hardware* involucrado, obviamente necesitaremos

un ordenador –o varios–, con las capacidades gráficas adecuadas. Además de ello, es lógico pensar que un mayor grado de interactividad implicará un mayor número de dispositivos periféricos.

Como era de esperar, tendremos a nuestra disposición ratones tridimensionales. También dispondremos de *spaceballs* y *joysticks*. Sin embargo, el más famoso de los dispositivos es el visor de casco (*head-mounted display*), capaz de proporcionar una sensación enorme de inmersión en el modelo. Así, por ejemplo, nos podríamos sentir *dentro* del habitáculo de un coche que hayamos modelizado o caminar por un edificio sólo existente en la imaginación del arquitecto (y del programador). Un grado de inmersión alternativo e igualmente efectivo se consigue con gafas 3D (*shutter glasses*) e imágenes proyectadas en las paredes y suelo de un habitáculo (*CAVE*, en el argot). Este procedimiento se utiliza en el diseño de automóviles.

Los guantes son igualmente conocidos y no por ello menos sorprendentes, ya que sustituyen al teclado del ordenador, permitiendo interactuar con el modelo mediante movimientos de la mano y los dedos. Un grado de sofisticación aún mayor son los guantes con capacidad de realimentación de los

* Director de I+D de la Agrupación Eléctrica para el Desarrollo Tecnológico Nuclear (DTN). Proviene de Unesa, donde ha desempeñado diversas funciones relacionadas con I+D nuclear en el sector eléctrico.

resultados de la simulación. Mediante estos guantes, si en nuestro modelo *ponemos* la mano encima de un elemento que vibra, sentiremos físicamente la vibración en el guante. También pueden experimentarse movimientos de fluidos sobre la mano o la imposibilidad física de desplazar un objeto o sus propias dimensiones, sintiendo una oposición al movimiento de la mano (*force feedback gloves*).

Otro periférico o conjunto de periféricos interesante, relacionado con alguno de los anteriores, se refiere a la posibilidad de capturar movimientos reales (*motion capture*) para introducirlos en nuestro modelo en tiempo real, lo que permite *animar* cualquier figura creada en el ordenador mediante la incorporación de sensores a la contraparte real (por ejemplo, a una persona moviéndose) y su conexión con el ordenador donde reside el modelo. Para ello necesitaremos un origen de coordenadas compartido por el modelo en el ordenador y por nosotros, que conseguiríamos mediante un rastreador de movimiento (*motion tracker*).

Como se desprende de lo anterior, disponemos de una herramienta poderosa para crear un *mundo virtual* (*virtual world*, según la terminología típicamente utilizada) tan complejo como queramos e interaccionar con él en tiempo real, pudiéndonos sentir parte del mismo y modificarlo a nuestro antojo.

2. Ventajas y aplicaciones

Aunque toda esta tecnología no es nueva, sí que ha adquirido un rápido desarrollo en los últimos años, fuertemente impulsada por la industria del entretenimiento (cine, videojuegos), donde su aplicación es más obvia. También ha encontrado aplicaciones industriales (como en la industria de defensa y en la aeronáutica) dadas las innumerables ventajas que proporciona y que podemos explorar brevemente a continuación.

En primer lugar, se trata de una herramienta de diseño que supera a las convencionales, en la medida que ofrece una amplia visión de conjunto del mismo, navegable, realmente interactiva, muy flexible y que puede incorporar movimiento y restricciones funcionales asociadas. Permite adelantarse a posibles problemas futuros asociados al ciclo de vida del producto y que no se pondrían de manifiesto hasta más adelante, como por ejemplo

La realidad virtual
permite realizar
diseños de detalle
de la sala de control
de una central
nuclear

durante el proceso de fabricación o montaje. La conclusión de todo esto no es sino una disminución de costes de desarrollo del producto.

Dadas las capacidades de asociación con bases de datos, la utilización de la realidad virtual desde el diseño de un producto proporciona también un poderoso medio de documentación, bien antes de su construcción (diseño, propiamente dicho) o bien una vez construido (modificaciones de diseño posteriores). A un tramo de tubería o a un componente podemos asociarles un historial de mantenimiento, información sobre el *stock* disponible o detalles constructivos.

Por las mismas razones anteriores, se trata de una poderosa herramienta de comercialización, ya que es capaz de mostrar al cliente el producto virtual acabado y éste puede navegar por él —o *estar* en él—, obteniendo una idea más precisa de lo que compra, sin necesidad de tenerlo físicamente delante. Si esto ocurre durante el proceso de diseño, se le ofrece la oportunidad

de validar sus propios requisitos frente a la *realidad* y de introducir modificaciones de diseño basadas casi en la experiencia y, por lo tanto, mejor fundadas. De nuevo, obtenemos una reducción de costes (tiempo, personal y desplazamientos, en la comercialización, y menos modificaciones, durante el diseño), a la que debemos añadir una mejora de la calidad debido a la mayor involucración del cliente en el diseño. En suma, aumenta el grado de satisfacción del cliente.

La tecnología de la realidad virtual puede ser igualmente útil durante la fase de utilización del producto (explotación). En principio, se nos ocurren dos grandes campos de utilización:

- La planificación y ejecución de operaciones no previstas o la modificación de las existentes, puede llegar a ser una tarea compleja si se quieren compatibilizar varios requisitos, entre los cuales los más razonables pueden ser: la optimización del tiempo y los recursos necesarios, la minimización de interferencias con el proceso central, la reducción de errores durante la ejecución de la operación o la minimización del riesgo para los trabajadores. La recreación virtual de la operación que se pretende realizar, teniendo la posibilidad de ensayar varias alternativas, tanto de medios como de procedimientos, constituye el mejor medio para cumplir con los requisitos planteados. Desde luego, el ensayo alternativo sería aquel que se realizara con una réplica exacta de nuestro original (maqueta), pero ello no es siempre posible o, siéndolo, es poco flexible o más caro. Además, cualquier modificación en el diseño de la operación a planificar, requeriría una modificación en la réplica, disparando el coste.

- El entrenamiento en la ejecución de procedimientos o en el cumplimiento de guías es otra aplicación obvia de esta tecnología, ya que permite simular procedimien-

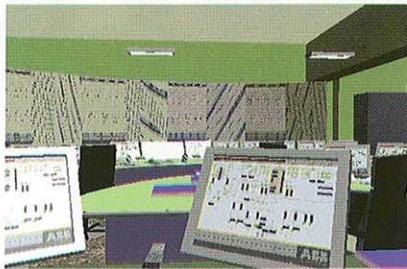
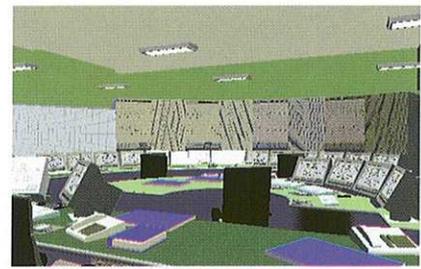
tos de forma fiel y barata (por ejemplo, un procedimiento de lucha contra incendios o de evacuación), evita la construcción de maquetas (por ejemplo, entrenamiento de tareas de mantenimiento de equipos) y permite la interactividad (¿qué pasaría si...?), lo cual es beneficioso para el alumno.

3. Aplicación a la industria nuclear

En una industria como la nuclear, donde la complejidad de las instalaciones hacen dificultoso el proceso de diseño, sus modificaciones posteriores y la documentación asociada, donde los procedimientos son numerosos, donde el entrenamiento y la formación juegan un papel destacado, donde hay tareas de riesgo que llevar a cabo, donde se estudia a fondo la interacción del hombre con la máquina para mejorarla y donde existe un diálogo regulador-regulado que, en ciertos aspectos, puede asimilarse al de cliente-empresa, ¿tiene aplicación la tecnología de la realidad virtual? ¿Es posible un mundo nuclear... virtual? Podemos imaginar que sí, máxime teniendo en cuenta su rápida y continua evolución, que va incrementando su potencial y reduciendo su coste.

Mencionemos para empezar su aplicación más obvia, que es en el proceso de diseño y construcción de centrales nucleares, donde se utilizan maquetas físicas que serían fácilmente sustituibles por maquetas virtuales, más flexibles y versátiles.

Pensemos, por ejemplo, en tareas de desmantelamiento. Pueden construirse maquetas virtuales que permitan visualizar áreas no accesibles y ensayar procedimientos, herramientas y teleoperaciones. Podrían detectarse desde el comienzo problemas de accesibilidad e interferencia. Asignando propiedades a los objetos podrían simularse los efectos de la gravedad o la radiación y detectar colisiones. Para determinadas tareas de desmantelamiento será necesari-



► **Figura 1.** Prototipos virtuales de una sala de control, en una central nuclear, que permiten optimizar el espacio disponible y evaluar distintas alternativas.



► **Figura 2.** La tecnología de la realidad virtual permite simular la presencia humana. A la derecha, representación virtual de la pareja de la izquierda.

rio diseñar nuevas herramientas cuya funcionalidad sería posible probar *ex ante*. Estas funcionalidades no son de utilidad exclusiva para el desmantelamiento, sino para multitud de operaciones durante operación normal o recarga con requisitos similares (operaciones costosas, difíciles de planificar, repetitivas, con una alta tasa de comisión de errores o en zonas de alta radiación).

Pensemos en la sala de control. Pueden realizarse diseños conceptuales primero y de detalle después, que permitan evaluar distintas alternativas que tengan en cuenta la opinión de los operadores desde el principio, al tiempo que se satisfaga la normativa aplicable. Los operadores tienen experiencia sobre qué información

debe estar disponible y cómo desenvolverse durante la operación normal, emergencias o paradas. Los diseñadores conocen las diferentes opciones disponibles y sus capacidades y el organismo regulador exige el cumplimiento de la normativa en cada alternativa que se considere. La realidad virtual permite construir prototipos virtuales fácilmente modificables mediante el simple procedimiento de pinchar y arrastrar, pegar o eliminar. Puede así optimizarse el espacio disponible. También pueden introducirse maniqués en el prototipo y evaluar líneas de visión, colores, distancias, accesibilidad a instrumentos, luz e interacción entre operadores y supervisor en diferentes situaciones de la planta. Por último, la documentación de



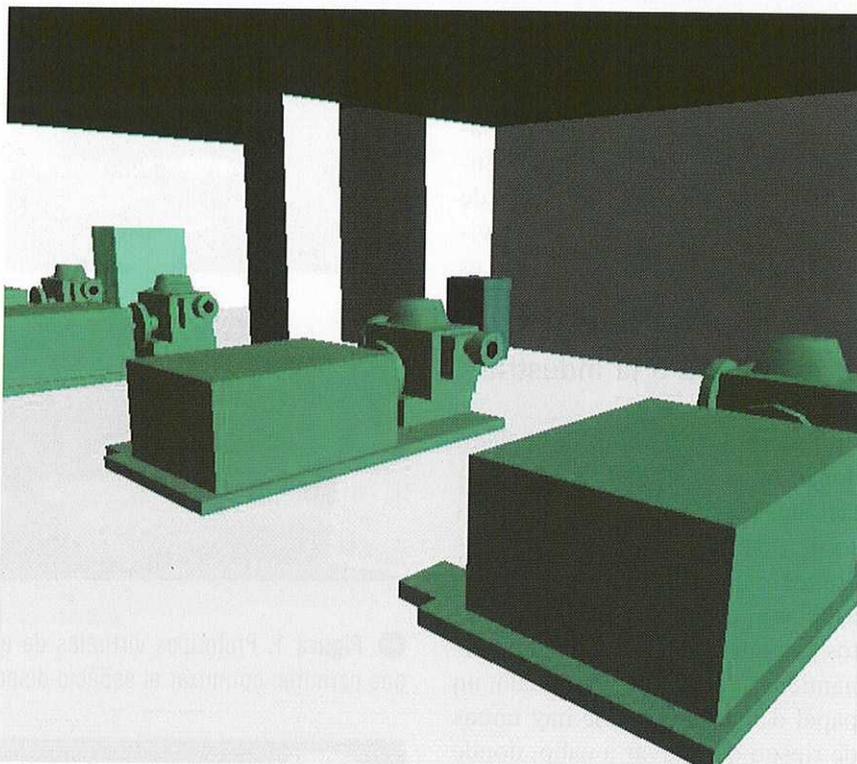
► **Figura 3.** La tecnología virtual es útil tanto en el diseño como en la explotación de una instalación.



► **Figura 4.** Maniquí virtual en un modelo simulado.

las diferentes alternativas, incluyendo pruebas, puede resultar mucho más fácil.

Continuando con las salas de control y en relación con el entrenamiento, ¿por qué no pensar en entrenar a los operadores en una maqueta virtual, réplica de la de planta, en lugar de hacerlo sobre otra real? Esto es posible gracias a las capacidades interactivas en tiempo real de la realidad virtual mediante la conexión *on line* de la maqueta virtual con el *software* de simulación. Podrían realizarse sesiones interactivas, con un grado de inmersión en el modelo a elegir por los usuarios y se podrían compartir los resultados entre las partes implicadas: podríamos disponer de un mismo modelo de sala de control en Madrid y en Barcelona, y un equipo de operación disperso entre las dos ciudades o encontrarse físicamente el equipo en Barcelona y los instructores en Madrid. Cada participante en la sesión *vería* al resto (representado por maniqués) dentro del modelo y podrían interactuar entre sí y con el modelo.



► **Figura 5.** Las capacidades interactivas de la tecnología eliminan la necesidad de utilizar maquetas físicas para el diseño de una central.

Gracias a las capacidades de inmersión de esta tecnología puede alcanzarse un grado de realismo tan próximo a la práctica como lo pueda estar el método actual. En ambos casos, el operador *sabe* que no está en *su* sala de control. Este es un terreno donde la experimentación previa puede aportar información valiosa para adoptar decisiones. El procedimiento básico consistiría en realizar comparaciones del comportamiento de operadores frente a una maqueta física (simuladores réplica) y otra virtual. La tecnología actual lo permite, habiendo abierto ya este camino otras industrias como la aeronáutica o la de defensa. Las ventajas son claras: a un menor coste añadiríamos una flexibilidad que permitiría introducir fácilmente modificaciones de diseño en la maqueta virtual derivadas de las introducidas en la sala de control real. Incluso antes de proceder a modificaciones en esta última se chequearían en la maqueta a un mínimo coste.

El entrenamiento en las tareas de mantenimiento es otra área clara de

aplicación. De nuevo, las capacidades interactivas de la tecnología y su grado de realismo permiten sustituir la necesidad de construir y utilizar maquetas físicas. Además, puede acoplarse con un *software* inteligente que ayude al alumno a probar varias opciones, obteniendo realimentación inmediata de su acción. En conjunto, por flexibilidad y coste, superaría las capacidades del procedimiento habitual.

El proyecto internacional Halden, en el que participa nuestro país mediante un consorcio nacional integrado por Ciemat, CSN, Enusa, Tecnatom y el sector eléctrico, a través de DTN, incluye a la realidad virtual como línea de trabajo actual y prevista para el próximo periodo 2000-2002. Conocidas las características de esta tecnología, esta apuesta resulta lógica en un área de estudio como la interacción hombre-máquina, ya que presenta un gran potencial para la experimentación en el área de factores humanos y permite integrar sus principios en el diseño de las salas de control desde las primeras eta-

pas. De nuevo, esta iniciativa de investigación internacional y cooperativa que es el proyecto Halden demuestra ser un valioso foro de propuesta y análisis de nuevas tecnologías para la industria nuclear.

De la misma forma que desde el sector eléctrico se identificaron como interesantes otros temas de estudio de Halden como la filtración de alarmas o las ayudas computerizadas a la gestión de accidentes severos, desarrollando iniciativas nacionales actualmente en curso, la realidad virtual aparece ahora como un área de indudable futuro en la industria en general y en la nuclear en particular, resultando merecedora, al menos, de atención de cara su utilización por las centrales nucleares españolas. En este sentido, con el objeto de explorar su viabilidad, se han iniciado contactos con organizaciones internacionales, suministradores, empresas de ingeniería y centrales nucleares.

Otras organizaciones del campo nuclear en el extranjero ya han comenzado la exploración e incluso la explotación de esta tecnología, más allá de la mera investigación. Centrales nucleares nórdicas y del este europeo están utilizando la realidad virtual para la modernización de la sala de control, inducida inevitablemente por los cambios de la instrumentación y control. Se construyen modelos virtuales tanto de la sala de control como de la de emergencias en las que se analizan las distintas alternativas de disposición física y diseño de paneles, instrumentos y puestos de trabajo, pudiéndose realizar fácilmente verificaciones funcionales. Organizaciones japonesas están utilizando la realidad virtual en el diseño de operaciones y en la planificación de proyectos de desmantelamiento de centrales nucleares. En la fase de desarrollo está prevista su utilización como herramienta de optimización de la

ejecución en tiempos, costes y dosis, y como plataforma de entrenamiento tanto para las operaciones normales como para las telecomandadas. EdF utiliza ya la realidad virtual para la formación de personal de mantenimiento y, acoplada novedosas tecnologías de medida *in situ*, para la obtención de planos *as built*.

En suma, los campos de aplicación aquí explorados no son sino un *aperitivo* de lo que puede suponer en el futuro esta tecnología para multitud de sectores industriales y, en particular, para industrias con requisitos y condicionantes relacionados con la seguridad, como la nuclear. Dados sus costes iniciales y de mantenimiento, la creación de un centro común de desarrollo en el área nuclear reportaría economías de escala en su exploración y aplicación. 

Las imágenes que ilustran este artículo son cortesía de Halden Reactor Project.

Normas internacionales sobre seguridad en la gestión de residuos radiactivos

El compromiso político internacional para gestionar de forma segura los residuos radiactivos ha tomado cuerpo con el más reciente de los convenios promovidos por el OIEA: la convención sobre seguridad en la gestión del

combustible gastado y los residuos radiactivos. Esa convención, junto con la colección de normas de seguridad del programa RADWASS, configuran el esquema normativo que regula esta actividad.

1. La normativa internacional de seguridad

El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), a partir de su última reorganización interna que se hizo efectiva el 1 de enero de 1996, ha iniciado una profunda revisión de su programa de normas de seguridad, que se estructura en tres niveles.

Las convenciones ocupan el primer nivel del sistema normativo internacional en materia de seguridad nuclear y protección radiológica, y tienen carácter mandatorio cuando son ratificadas por cada uno de los países signatarios al máximo nivel legislativo porque gozan de mandato suprallegal en la materia que regulan. Las convenciones representan el compromiso político que los Estados firmantes adquieren con la comu-

nidad internacional de utilizar las radiaciones ionizantes de modo que no supongan un riesgo indebido ni para las personas ni para el medio ambiente.

Hasta la fecha se han elaborado las siguientes convenciones:

- La Convención sobre Protección Física de los Materiales Nucleares (1980).
- La Convención sobre Pronta Notificación de Accidentes Nucleares (1986).
- La Convención sobre Asistencia Mutua en Caso de Accidente Nuclear o Emergencia Radiológica (1986).
- La Convención sobre Seguridad Nuclear (1994).
- La Convención sobre la Prevención de la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y Otras Materias (enmendada en 1994).
- La Convención Mixta sobre Seguridad en la Gestión del Combustible Gastado y sobre Seguridad en la Gestión de los Residuos Radiactivos (1997).

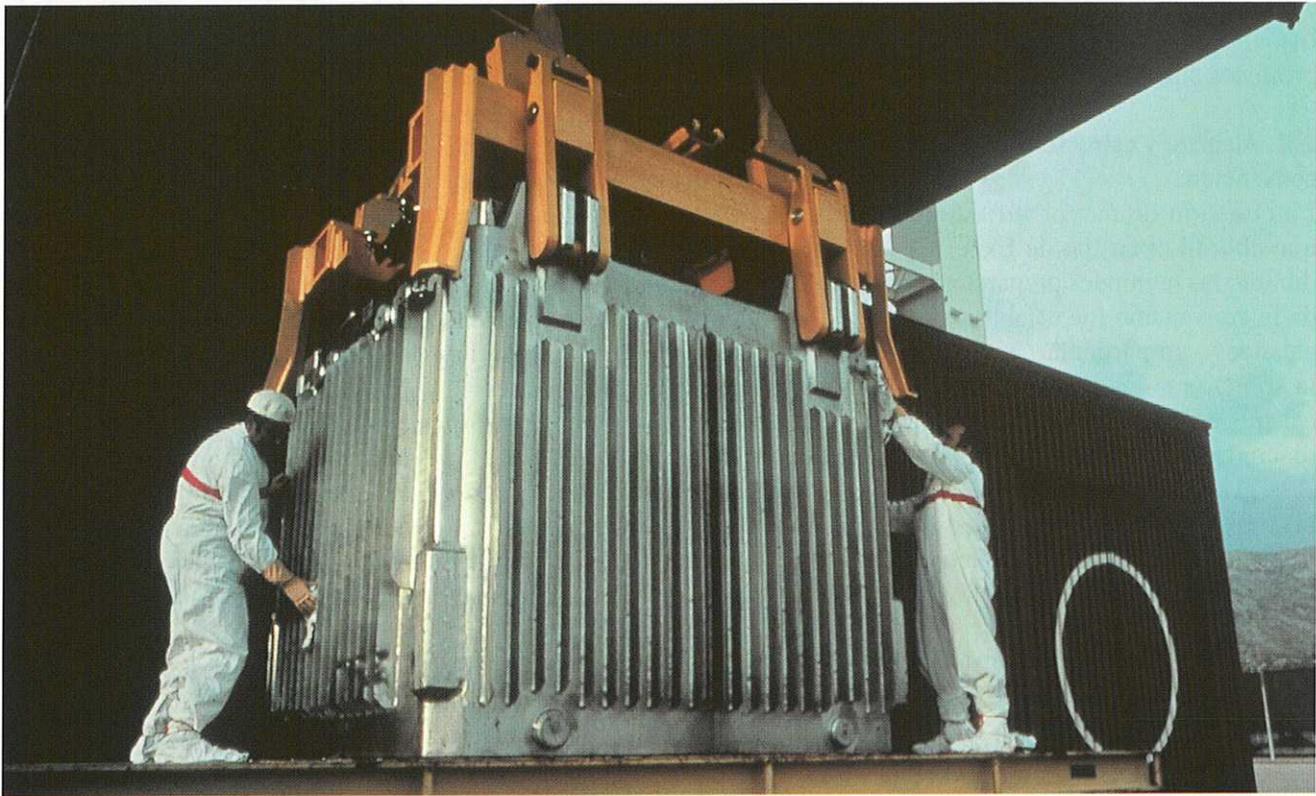
El segundo nivel, compuesto

por la colección de normas de seguridad (Safety Standards Series), no tiene carácter mandatorio, aunque constituye una referencia de gran importancia y está compuesto por tres escalones de documentos:

- Los fundamentos de seguridad, que establecen los objetivos, principios y criterios de seguridad que deben regir el uso de las radiaciones ionizantes.
- Los requisitos de seguridad (antes llamados Safety Standards), que establecen las condiciones que deben cumplir las aplicaciones específicas donde se utilizan o manipulan radiaciones ionizantes para cumplir los principios establecidos en los fundamentos de seguridad.
- Las guías de seguridad, que establecen recomendaciones basadas en la práctica internacional para el uso seguro, es decir de acuerdo con los requisitos de seguridad, de las radiaciones ionizantes.

El tercer nivel tiene carácter complementario y está compuesto por una colección de documentos (Safety Reports Series) de carácter técnico y detallado, que anterior-

* Doctor en Ciencias Físicas y diplomado en Ingeniería Nuclear, es subdirector general de Ciclo y Residuos del CSN, y miembro del Comité WASSAC. Ha sido miembro del Grupo de Expertos que elaboró la Convención Mixta.



► **Figura 1.** La gestión del combustible gastado es el principal objetivo de la Convención Mixta.

mente se llamaban prácticas de seguridad y cuyo objetivo es facilitar la puesta en práctica de las guías de seguridad.

2. La Convención Mixta

El 29 de septiembre de 1997, durante la Conferencia General del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), se puso a la firma de los países interesados la Convención Mixta sobre Seguridad en la Gestión del Combustible Gastado y sobre Seguridad en la Gestión de los Residuos Radiactivos.

Esta convención tiene su origen en los trabajos preparatorios de la Convención sobre Seguridad Nuclear, que fue aprobada en junio de 1994, donde se puso de manifiesto la necesidad de un acuerdo específico sobre la seguridad en la gestión de los residuos radiactivos, que había sido excluida del alcance de la Convención de Seguridad Nuclear.

La Junta de Gobernadores del OIEA, haciéndose eco de la inquietud suscitada por la exclusión de

los residuos, decidió crear, en diciembre de 1994, un grupo de expertos técnicos y legales para elaborar el borrador de una convención sobre la seguridad en la gestión de los residuos radiactivos.

El Grupo de Expertos inició su tarea con una reunión preliminar celebrada en julio de 1995 en la que se eligió como presidente al profesor Baer de Suiza, y la completó a lo largo de otras siete reuniones celebradas entre noviembre de 1995 y abril de 1997. Los trabajos preparatorios terminaron en una sesión celebrada en Viena en septiembre de 1997, en la que se adoptó el texto final de la convención.

Una delegación española compuesta por técnicos del Ministerio de Industria, del CSN y de Enresa participó en los trabajos del Grupo de Expertos.

El 30 de junio de 1998 el representante permanente de España ante los organismos internacionales con sede en Viena firmó la convención en nombre del Gobierno español.

2.1. Marco y naturaleza de la convención

La Convención Mixta pretende recoger el compromiso de máximo nivel legal internacional que adquieren los estados firmantes para gestionar de forma segura los residuos radiactivos y el combustible gastado que generen.

El mandato que la Junta de Gobernadores del OIEA transmitió al Grupo de Expertos encargado de elaborar la convención recogía dos ideas fundamentales:

- La convención debería ser similar a la Convención sobre Seguridad Nuclear y formar parte de la familia de convenciones que constituyen la base legal sobre la que se sustenta la colección de normas de seguridad del OIEA.

- La convención debería ser claramente incentivadora para que la firmase el mayor número posible de países. Esto significa en la práctica que su cumplimiento se verificaría mediante informes, reuniones y revisiones periódicas de los países signatarios y que no contemplaría la posibilidad de san-

ciones a los países que, habiéndola firmado, no cumplieren los compromisos suscritos.

2.2. Alcance y estructura de la convención

La cuestión de mayor dificultad que abordó el Grupo de Expertos durante las reuniones preparatorias de la convención fue establecer su alcance y, en particular, encontrar la solución a dos cuestiones básicas que constituyeron el nudo gordiano de las discusiones:

– ¿Debían los compromisos de la convención considerar la gestión de residuos procedentes de actividades militares y programas de defensa?

– ¿Debían los compromisos de la convención considerar la gestión del combustible gastado?

La primera cuestión se resolvió mediante un compromiso entre la postura mayoritaria encabezada por EEUU, que era favorable a la inclusión de los residuos militares, y la postura defendida por Rusia, China, India y Pakistán, entre otros países, que consideraban que los residuos militares deberían ser excluidos de la convención.

Después de numerosos debates en las reuniones del Grupo de Expertos y de negociaciones entre los países que defendían las posturas más encontradas, se alcanzó un compromiso que contempla dos situaciones cubiertas por la convención: los residuos procedentes de actividades militares y programas de defensa que sean gestionados en programas civiles; y los residuos procedentes de esas actividades, si el estado firmante de la convención los declara voluntariamente cubiertos por ésta.

La respuesta a la segunda cuestión se planteó entre dos posturas extremas: la francesa, apoyada por los países que reprocessan el combustible gastado en sus reactores nucleares, que consideran que éste es un recurso y no un residuo y, por tanto, la seguridad de su gestión no debía estar cubierta por esta convención; y

la postura sueca, apoyada por los países no reprocessadores, que consideraban que si esta convención no cubría la seguridad en la gestión del combustible gastado, quedaba una laguna fundamental en la seguridad del ciclo del combustible completo, ya que la Convención de Seguridad Nuclear apenas aborda este asunto.

La solución a esta controversia requirió un amplio debate sobre la estructura que debería tener la convención, en la que se contemplaron varias opciones:

– Una convención única sobre residuos y combustible gastado.

– Dos convenciones, una sobre residuos y otra sobre combustible gastado.

– Una convención sobre residuos radiactivos complementada con un protocolo sobre combustible gastado.

– Una convención única con dos capítulos, uno para residuos y otro para el combustible gastado.

Finalmente se acordó, con la reserva de India y Pakistán, elaborar una única convención que cubriese ambas cuestiones en dos capítulos separados, dejando claro, incluso en el título de la convención, que el combustible gastado puede ser utilizado con posterioridad a su irradiación y que, por tanto, no es estrictamente un residuo radiactivo en tanto no sea considerado como tal de forma explícita.

La estructura adoptada establece de forma implícita una separación nítida entre combustible gastado y residuos radiactivos, aproximándose a las tesis de los países reprocessadores.

Una vez superados esos dos escollos, la elaboración de la convención fue relativamente sencilla, aunque hubo que resolver varias cuestiones de gran importancia bilateral, entre las que cabe destacar:

– El tratamiento del movimiento transfronterizo de residuos radiactivos, sobre el que existían fuertes discrepancias entre las posturas turca y rusa por el paso a través del estrecho del Bósforo. La

delegación turca pretendía que la convención mencionase explícitamente que debería cumplirse el Reglamento de Transporte de Materiales Radiactivos del OIEA en los movimientos transfronterizos de residuos radiactivos. Esta propuesta no fue aceptada porque suponía supeditar una norma de rango superior –la convención– a una de rango inferior –el reglamento–.

– Los requisitos de seguridad exigibles a un repositorio de residuos próximo a una frontera, sobre los que discrepaban el Reino Unido e Irlanda. La postura irlandesa mantenía que los niveles de protección aplicables a los individuos de los países vecinos fuesen los estipulados en su propia normativa, mientras que la británica era que se utilizasen los mismos niveles que se establecen en la normativa propia para los individuos del país donde se ubica la instalación. La solución adoptada es más próxima a esta última postura, pero con una referencia a que la normativa debería tener en cuenta los principios de seguridad adoptados internacionalmente.

Tras estos debates, se acordó que la convención debería tener la estructura descrita anteriormente y que debería cubrir cualquier actividad relacionada con la gestión del combustible gastado en reactores civiles –salvo cuando se encuentra en un planta de reprocessado–, con la gestión de los residuos radiactivos –salvo los que solo contienen radionucleidos naturales o han sido originados en industrias no nucleares–, con los residuos militares en los términos explicados y con las descargas de residuos al medio ambiente.

2.3. Contenido de la convención

La convención consta de un preámbulo y siete capítulos dedicados a los siguientes temas:

– Los objetivos, las definiciones y el ámbito de aplicación.

– La seguridad en la gestión del combustible gastado.

– La seguridad en la gestión de los residuos radiactivos.



► **Figura 2.** La Convención Mixta se ocupa especialmente del movimiento transfronterizo de los residuos y el combustible gastado.

- Las disposiciones generales de seguridad.
- Disposiciones varias.
- Reuniones de las partes contratantes.
- Cláusulas y otras disposiciones finales.

Los objetivos de la convención son comunes a la gestión del combustible gastado y a la gestión de los residuos radiactivos y se concretan en que los Estados firmantes se comprometen a conseguir un alto nivel de seguridad, incrementando las actuaciones nacionales y la cooperación internacional; a asegurar que la gestión se realiza en cada caso de forma que se protejan los individuos y el medio ambiente, tanto en el presente como en el futuro y sin comprometer la capacidad de generaciones venideras de satisfacer sus propias necesidades y aspiraciones; y, finalmente, a prevenir la ocurrencia de accidentes y mitigar sus consecuencias.

Los capítulos dedicados a la seguridad en la gestión del combustible gastado y en la gestión de los residuos radiactivos tienen una estructura y contenido muy similar y establecen que:

- Los requisitos generales de seguridad deben prevenir la criticidad, garantizar la extracción de calor residual, asegurar la reducción de la can-

tividad de residuos, tener en cuenta las interdependencias entre las distintas etapas de gestión, proporcionar niveles de protección adecuados para las personas y las generaciones futuras, evitar cargas indebidas sobre las generaciones venideras, y tener en cuenta los riesgos no radiológicos asociados a la gestión de los residuos y el combustible gastado.

- Las instalaciones y prácticas del pasado deben ser revisadas para garantizar razonablemente su seguridad.

– La ubicación de instalaciones de gestión de residuos o combustible gastado deberá tener en cuenta los resultados de la evaluación de las características de seguridad del emplazamiento; el impacto de la instalación sobre las personas, la sociedad y el entorno; el público debe ser informado con transparencia; los países vecinos deben ser consultados; y deberá asegurarse que las instalaciones no tendrán un impacto inaceptable en los demás Estados firmantes.

- La construcción y la operación de las instalaciones deberá ser evaluada desde el punto de vista de la seguridad.

– Las instalaciones deberán operarse de acuerdo con una licencia basada en el análisis de seguridad, bajo límites y condiciones de-

rivados de pruebas y verificaciones específicas, sometidas a programas de mantenimiento, vigilancia e inspección específicas, y contar con apoyos de ingeniería necesarios. Se arbitrará un sistema eficaz de información a las autoridades sobre los incidentes significativos para la seguridad; se registrarán los datos importantes para la seguridad, de forma que se puedan analizar y aprovecharlos para mejorarla y establecer planes de clausura adecuados cuando sea necesario.

- En el caso específico de las instalaciones de evacuación de residuos, deberán tenerse en cuenta las condiciones específicas para la fase posterior a la clausura de la instalación, tales como registros apropiados, planes de vigilancia institucionales y planes de intervención.

El capítulo dedicado a las disposiciones generales de seguridad aborda cuestiones de carácter genérico, comprometiendo a los Estados firmantes a considerar la seguridad de la gestión del combustible gastado y de los residuos radiactivos como una parte más de la industria nuclear, sometida a un marco legal de las mismas características y puesta en práctica mediante un esquema de agentes muy similar.

En ese sentido, deberán adoptar las medidas legales, reglamentarias y administrativas que sean necesarias para cumplir estos requisitos de seguridad, estableciendo un marco legislativo y regulador apropiado que fije los requisitos de seguridad exigibles, defina un proceso de concesión de licencias, prohíba la operación de instalaciones sin licencia y permita controlar adecuadamente el cumplimiento de los reglamentos.

El control de la seguridad deberá ser encomendado a un organismo regulador que estará dotado de la independencia, autoridad, competencia y recursos humanos, técnicos y financieros adecuados. El titular de la licencia será el responsable directo y principal de la seguridad de las instalaciones ba-

jo su control, y, si no existiese, la responsabilidad deberá recaer sobre el Estado.

Las actividades cubiertas por la convención deberán ser llevadas a cabo por personal con capacidad técnica suficiente y contar con recursos financieros y técnicos adecuados para garantizar la seguridad durante la operación de las instalaciones e incluso después de su clausura, durante el periodo que se considere conveniente para garantizar la seguridad a largo plazo.

Todas las actividades deberán estar sometidas a un programa de calidad adecuado para garantizar que se cumplen los requisitos de seguridad.

Durante la fase operacional de las instalaciones, serán de aplicación las normas de protección radiológica generales, tanto para los trabajadores como para el público y el medio ambiente.

Las instalaciones dispondrán de los planes de emergencia adecuados a sus actividades, que se probarán periódicamente y tendrán en cuenta la posible incidencia en otros Estados firmantes de la convención.

La convención aborda también la cuestión de la clausura de las instalaciones nucleares, comprometiéndolo a los Estados firmantes a realizarlas de manera que se garantice que se lleva a cabo por personal cualificado, con las debidas precauciones de protección radiológica ocupacional y de control de descargas, que se disponga de planes de emergencia adecuados y se mantengan los registros de información necesarios para su ejecución.

Las disposiciones varias de la convención abordan dos cuestiones muy singulares que fueron objeto de amplio debate porque suscitan una fuerte preocupación en un elevado número de países. Se trata del movimiento transfronterizo del combustible gastado y los residuos, y de la gestión de las fuentes selladas en desuso.

En relación con el movimiento transfronterizo, la convención defi-

ne el concepto de país de origen, país de tránsito y país de destino y establece las siguientes obligaciones para cada uno de ellos:

- Los países de origen deben asegurarse de que sólo se autorizará el movimiento de residuos a países de destino que lo conozcan y lo acepten.

- Los movimientos transfronterizos se realizarán de acuerdo con las obligaciones internacionales aplicables a la modalidad de transporte utilizada.

- Los compromisos ponen un énfasis especial en que los países de origen y destino se asegurarán de que cada uno de ellos esté en condiciones de cumplir los acuerdos de la convención y de que, en caso contrario, los transporte iniciados puedan ser readmitidos en el país de origen.

- La convención reitera el compromiso internacional de no autorizar el envío de residuos ni combustible gastado a un lugar de destino situado al sur del paralelo 60° y reconoce los derechos establecidos en otras leyes y convenios internacionales sobre transporte y comercio de mercancías.

En relación con las fuentes selladas en desuso, la convención compromete a las partes a que se gestionen de forma segura y a que los países donde se hayan fabricado permitan a sus industrias la readmisión.

2.4. Seguimiento del cumplimiento de la convención

Como se indicó al principio, la convención no contempla mecanismos de sanción a las partes que no cumplan sus compromisos; no obstante, establece un sistema de reuniones periódicas o extraordinarias para comprobar el grado de cumplimiento. Las reuniones se desarrollarán de acuerdo con un reglamento y procedimientos específicos. Las periódicas tendrán por objeto revisar los informes que cada país debe presentar, y las extraordinarias discutir aspectos singulares que

preocupen al país o países que hayan propuesto su celebración.

La convención establece, además, una serie de normas procedimentales sobre la asistencia a las reuniones, la elaboración de un informe resumen, los idiomas utilizables, la confidencialidad de la información con referencia especial a los residuos de origen militar, la Secretaría de la convención, la resolución de controversias, las enmiendas y denuncias, y el procedimiento de firma, ratificación, aceptación, aprobación y adhesión de las partes.

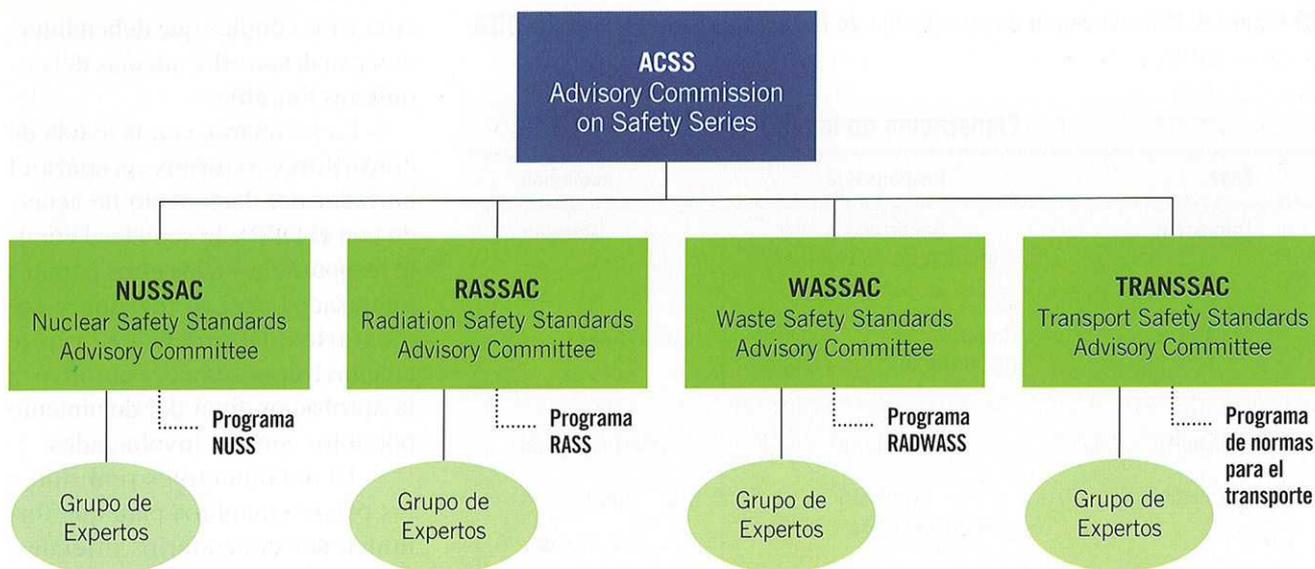
La entrada en vigor de la convención será 90 días después de haberla depositado al menos 25 países, 15 de los cuales deben tener por lo menos una central nuclear, y su depositario será el director general del OIEA, que será el encargado de convocar y organizar las reuniones de las partes.

2.5. La posición española

El Gobierno español estuvo interesado desde el principio en la existencia de una convención de esta naturaleza; de hecho, ya había firmado las demás convenciones afines. Siempre entendió que esta convención debería cubrir la seguridad en la gestión del combustible gastado, por cuanto ésta es la principal laguna que quedó sin cubrir por parte de la Convención sobre Seguridad Nuclear. Así lo manifestó en las reuniones preparatorias e inició inmediatamente los trámites de adhesión, que iniciaron su formalización con la firma el pasado 30 de junio, como se indicaba más arriba.

La política española de seguridad en la gestión del combustible gastado y en la gestión de los residuos radiactivos, como quedó claro en las reuniones preparatorias, es claramente compatible con los compromisos dispuestos en la convención.

Quizá el asunto más delicado para la postura española fue el tratamiento de los residuos procedentes de industrias no nucleares. Las delegaciones holandesa y sudafricana



► Figura 3. Comisión y comités del programa de Normas de Seguridad.

cana querían que quedaran dentro del alcance de la convención. La postura española, apoyada desde el primer momento por la mayoría de los países, era favorable a que dichos residuos sólo deberían quedar dentro de la convención si se declaraban como residuos por el país en cuestión.

Por otra parte, el sistema legal y administrativo establecido en España para la construcción, el diseño y operación de instalaciones, así como para su autorización y control, cumple sobradamente con los requisitos de la convención. De hecho, como ya se ha explicado, estos requisitos son similares a los establecidos por la Convención de Seguridad Nuclear, de la que España es parte.

Adicionalmente, España, como miembro de la Unión Europea, tiene suscritos compromisos internacionales en estas materias que son mucho más restrictivos que los contemplados en la convención, por lo que nuestras autoridades consideran que la adhesión a la convención será beneficiosa para nuestro país, ya que equipara nuestro compromiso internacional con la seguridad en la gestión del combustible gastado y los residuos radiactivos al adquirido por los países de mayor nivel tecnológico.

3. La colección de normas de seguridad del OIEA

La colección de normas de seguridad del OIEA tienen su base en el mandato estatutario del organismo de desarrollar un cuerpo normativo aplicable al uso seguro de las radiaciones ionizantes. La publicación de normas de seguridad tiene una gran tradición en las actividades del OIEA a lo largo de toda su historia. No obstante, con motivo de la última reorganización, se ha redefinido su alcance y estructura, y se ha creado un sistema nuevo para el desarrollo de normas de seguridad.

La elaboración de la colección de normas de seguridad del OIEA ha sido encargada a su División de Seguridad Radiológica, que cuenta con el asesoramiento de la Comisión Asesora de Normas de Seguridad (ACSS), a la que se le dio el mandato de conducir el programa asegurando su coherencia, resolver las discrepancias entre los diferentes apartados del mismo y supervisar el desarrollo y la puesta en práctica del programa.

La comisión cuenta con el apoyo de cuatro comités especializados (figura 3), cada uno de los cuales está compuesto por quince miembros procedentes de organis-

mos reguladores de países miembros del OIEA. España cuenta con representación en la comisión y en los comités WASSAC –encargado del programa de normas de seguridad en la gestión de residuos radiactivos RADWASS– y RASSAC –encargado del programa de normas de protección radiológica RASS–.

Cada comité tiene el mandato de:

- Establecer los términos de referencias de los documentos que componen el programa que se le encomendó, asegurando su coherencia interna y con el resto de documentos publicados por el organismo.

- Acordar el contenidos de cada documento antes de someterlo a la aprobación del director general del OIEA o de la Junta de Gobernadores.

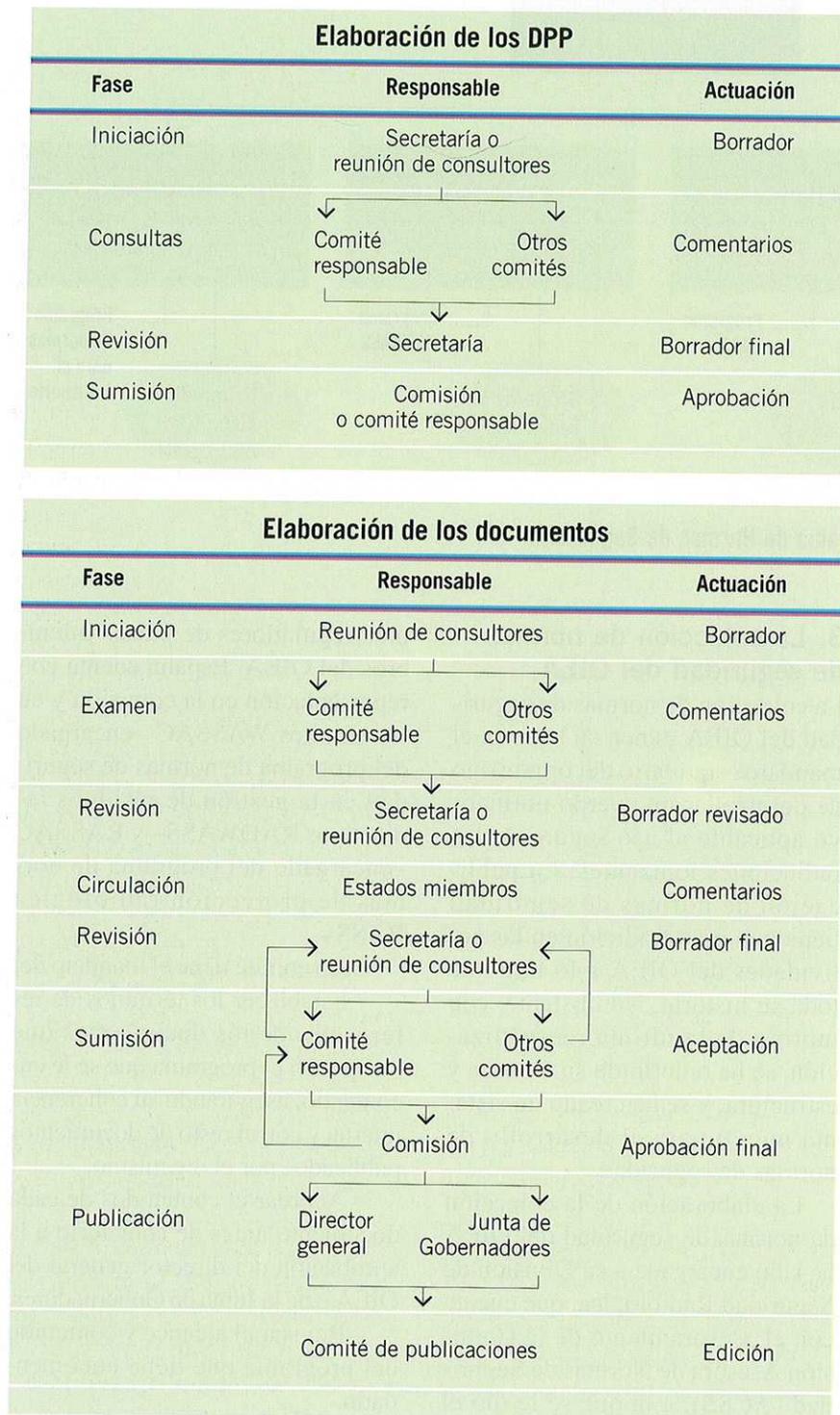
- Revisar el alcance y contenido del programa que tiene encomendado.

- Asesorar sobre el desarrollo y aplicación de las normas que son de su competencia.

- Identificar cualquier actividad que sea necesaria para fortalecer el programa que tiene encomendado.

Para mejorar la eficiencia y la coherencia del programa en su conjunto, la comisión estableció un procedimiento unificado para el desarrollo de los tres tipos de docu-

► **Figura 4. Procedimiento de aprobación de las normas de seguridad del OIEA.**



mentos (fundamentos, requisitos y guías), que, en esencia, es el siguiente:

– Cada comité establece las prioridades de los documentos que componen su programa y las somete a la aceptación de la comisión, quien establece las prioridades generales teniendo en cuenta los programas de los cuatro comités.

– La secretaría elabora un perfil de preparación de documento (DPP), que es discutido por el comité responsable hasta conformar su versión final, que constituye la orden de elaboración del documento. En el DPP se describe el contenido técnico del documento, su conexión con el resto del programa, el calendario de elabora-

ción y los comités que deben intervenir su desarrollo, además del comité responsable.

– La secretaría, con la ayuda de consultores externos, prepara el borrador del documento de acuerdo con el DPP y lo somete al comité responsable y a los otros comités interesados para su revisión y comentarios. El proceso se repite cuantas veces sea necesario hasta la aprobación final del documento por el los comités involucrados.

– El documento es remitido a los países miembros para que formulen sus comentarios oficiales, que son recogidos por la secretaría, quien elabora una nueva versión del documento para remitirla a los miembros de los comités para su información y comentarios finales. Este proceso puede requerir una nueva vuelta de revisión y comentarios hasta conformar la versión final que se somete a la aprobación de la comisión.

– El documento aprobado por la comisión es remitido al director general del OIEA, quien aprueba finalmente las guías de seguridad y remite los requisitos de seguridad y los fundamentos de seguridad a la Junta de Gobernadores del OIEA para su aprobación. La figura 4 recoge un diagrama del proceso de aprobación de los DPP y los documentos.

3.1. El programa RADWASS

El programa RADWASS es la parte de la colección de normas de seguridad del OIEA dedicada a la seguridad en la gestión de los residuos radiactivos. Su desarrollo está coordinado por el Comité WASSAC, que antes de la reorganización del OIEA se llamaba Extended INWAC y contaba con una participación más nutrida de las organizaciones gestoras de los residuos radiactivos en cada país.

El programa RADWASS, que tuvo su origen antes de la reorganización del OIEA, tiene su base conceptual en la Convención Mix-

► **Tabla 1. Principios de seguridad para la gestión de los residuos radiactivos.**

1^{er} Principio	Protección de la salud humana Los residuos se gestionarán de tal manera que quede asegurado un nivel aceptable de protección de la salud de los seres humanos.
2^o Principio	Protección del medio ambiente Los residuos se gestionarán de tal manera que quede asegurado un nivel aceptable de protección del medio ambiente.
3^{er} Principio	Protección allende las fronteras Los residuos radiactivos se gestionarán de tal manera que se tengan en cuenta los posibles efectos para la salud humana y el medio ambiente más allá de las fronteras nacionales.
4^o Principio	Protección de las generaciones futuras Los residuos radiactivos se gestionarán de tal manera que se pueda asegurar que el impacto sobre la salud de las generaciones venideras no sea superior a los niveles de protección actualmente considerados como aceptables.
5^o Principio	Carga para las generaciones venideras Los residuos radiactivos se gestionarán de tal manera que no supongan una carga indebida para las generaciones futuras.
6^o Principio	Marco legal nacional Los residuos radiactivos se gestionarán en un marco legal nacional apropiado, que incluya una clara asignación de responsabilidades y contemple funciones reguladoras independientes.
7^o Principio	Control de la generación de los residuos radiactivos Se mantendrá la generación de residuos radiactivos al nivel mínimo que sea prácticamente posible.
8^o Principio	Interdependencias de la generación y la gestión de los residuos Se tendrá en cuenta de forma apropiada la dependencia mutua que existe entre la generación y las diferentes actividades necesarias para la gestión de los residuos radiactivos.
9^o Principio	Seguridad de las instalaciones Se deberá asegurar de forma apropiada la seguridad de las instalaciones utilizadas para la gestión de los residuos radiactivos durante toda su vida.

ta sobre Seguridad en la Gestión del Combustible Gastado y sobre Seguridad en la Gestión de los Residuos Radiactivos y, en su versión más reciente, correspondiente al 31 de diciembre de 1997, se compone de un fundamento de seguridad, seis requisitos de seguridad y un número aún no fijado de guías de seguridad.

Los fundamentos de seguridad¹ fueron publicados en un solo documento en la etapa anterior a la existencia del Comité WASSAC y han sido tenidos en cuenta en el desarrollo de la convención, según se declara en su preámbulo. La tabla 1

¹ *The principles of Radioactive Waste Management.* OIEA. SS 111-F-1995.

muestra los principios de seguridad para la gestión de los residuos radiactivos.

Al igual que el programa RADWASS, los programas NUSS y RASS tienen su propio fundamento de seguridad. Con todos ellos, el OIEA ha iniciado un proceso de revisión tendente a refundirlos en un único documento, porque entiende que los fundamentos de seguridad deben ser los mismos para cualquier actividad en la que se utilicen radiaciones ionizantes.

El programa RADWASS prevé publicar seis requisitos de seguridad, que se han estructurado siguiendo un esquema, en cierto modo novedoso, que incorpora algunos conceptos de las últimas recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica².

El primero está dedicado a aspectos genéricos³, en concreto a los requisitos que debe cumplir el sistema nacional de gestión de residuos, y fue publicado en la etapa anterior a la existencia de WAS-SAC. Está previsto desarrollar dos guías de seguridad para la aplicación de este requisito de seguridad.

De los cinco restantes, que se encuentran en desarrollo, cuatro se dedicarán a regular las prácticas asociadas a la gestión de los residuos radiactivos, y uno a las intervenciones para la rehabilitación de áreas que contienen radionucleidos.

El segundo⁴ está dedicado a la descarga controlada de radionucleidos al medio ambiente, introduciendo una nueva perspectiva del asunto, ya que contempla las descargas independientemente del estado físico en que se encuentren. De esta manera, los requisitos se aplicarán tanto a descargas líquidas

² *Recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica de 1990.* ICRP. Publicación 60.

³ *Establishing a National System for Radioactive Waste Management.* OIEA. SS-111-S1-1995.

⁴ *Discharges of Radionuclides into the Environment.*

y gaseosas como a sólidas. Está previsto desarrollar cuatro guías de seguridad para la aplicación de este requisito de seguridad.

El tercero⁵ está dedicado a todas las actividades de la gestión de residuos que se realizan antes de su almacenamiento definitivo (evacuación). Los requisitos serán aplicables a la desclasificación de materiales residuales que contienen niveles muy bajos de actividad, a la gestión de los residuos de media y baja actividad, a los residuos de alta actividad, a los residuos procedentes de la industria, la medicina y la investigación, reconociendo su especificidad, al desmantelamiento de todo tipo de instalaciones, y al análisis de seguridad de todas estas actividades. Está previsto desarrollar cuatro guías de seguridad para la aplicación de este requisito de seguridad.

El cuarto⁶ se dedicará al almacenamiento superficial de residuos radiactivos, es decir al almacenamiento final de residuos de baja y media actividad en instalaciones del tipo de El Cabril. Incluirá los requisitos de seguridad que deberán tenerse en cuenta en la ubicación, diseño, construcción, operación y clausura de estas instalaciones, así como en la evaluación de su seguridad. Está previsto desarrollar tres guías de seguridad para la aplicación de este requisito de seguridad.

El quinto⁷ se dedicará al almacenamiento geológico de residuos radiactivos, es decir, al almacenamiento definitivo de los residuos de alta actividad. Incluirá los requisitos que deberán tenerse en cuenta en la ubicación, el diseño, construcción, operación y clausura de las instalaciones, así como en la evaluación de su seguridad. Está previsto desarrollar tres guías de

seguridad para la aplicación de este requisito de seguridad.

También está previsto publicar dos guías específicas sobre la gestión de los residuos procedentes de las instalaciones de minería y tratamiento de minerales de uranio y torio.

En relación con las intervenciones, está previsto publicar un documento de requisitos de seguridad⁸ que abordará la rehabilitación de áreas contaminadas por prácticas o

Los fundamentos de seguridad deben ser los mismos para cualquier actividad que use radiaciones ionizantes

accidentes del pasado y la rehabilitación de áreas que contienen radionucleidos procedentes de la minería y el tratamiento de minerales de uranio y torio. Está previsto desarrollar dos guías de seguridad para la aplicación de este requisito de seguridad.

La estructura del programa RADWASS no está cerrada. De hecho en cada reunión del WASSAC suele revisarse para ajustarla cada vez más de acuerdo con el mandato dado al comité de proponer mejoras para el programa y su contenido.

Estas normas de seguridad se complementan con otras de los programas NUSS, RASS y de Seguridad en el Transporte, que son de sobra conocidas y entre las que cabe destacar: las Normas Básicas de Protección Radiológica, el Reglamento de Transporte, las Organizaciones Nacionales Responsables de la Seguridad Nuclear, etcétera.

⁸ Rehabilitation of Contaminated Area in Intervention Situations.

3.2. La posición española ante las normas de seguridad para la gestión de residuos

La legislación nuclear española ha alcanzado un buen grado de madurez, especialmente en el campo de la protección radiológica, donde las exigencias de homologación con la normativa comunitaria nos sitúan en un nivel similar al de los países de nuestro entorno.

La práctica de complementar la normativa nacional con las normas de seguridad nuclear del país de origen de la tecnología que se trata de regular ha permitido disponer de un modo sencillo de un cuerpo normativo muy extenso y detallado en lo referente a la seguridad nuclear.

La gestión de los residuos y las actividades de desmantelamiento de instalaciones, que en los últimos años ha cobrado especial relevancia con el desmantelamiento de las plantas de producción de uranio de Andújar y La Haba, con el desmantelamiento de la central nuclear Vandellós I y con la restauración de la minas de uranio, requieren dedicar un esfuerzo importante al desarrollo de una normativa específica.

Este esfuerzo podría haberse emprendido en solitario, intentando desarrollar un cuerpo normativo nacional específico, o bien optar por activar la participación española en el desarrollo de las normas de seguridad internacionales y tratar de beneficiarse de ellas de forma directa.

Se ha optado por esta segunda vía y el Consejo de Seguridad Nuclear, Enresa y otras entidades nacionales están participando activamente en los diferentes niveles de trabajo necesarios para el desarrollo del programa de normas de seguridad en la gestión de residuos radiactivos descrito.

4. La colección de documentos técnicos de seguridad

La colección de documentos técnicos de seguridad (Technical Reports Series) carece de valor nor-

⁵ Pre-disposal Management of Radioactive Waste and Decommissioning.

⁶ Near Surface Disposal.

⁷ Geological Disposal.

mativo, sin embargo la experiencia ha demostrado que se trata de documentos de gran utilidad, que han permitido abordar de una manera uniforme gran cantidad de problemas.

En la práctica se trata de documentos técnicos de detalle, que permiten homogeneizar la solución a ciertas cuestiones en las que la dimensión internacional es relevante. Un ejemplo significativo de este tipo de asuntos es el documento técnico dedicado a la desclasificación de materiales residuales que contienen bajos niveles de actividad⁹, que, a pesar de haber tenido una historia que puede calificarse sin ambages de azarosa, es, hoy por hoy, una referencia constante a la hora de aplicar niveles derivados para la desclasificación.

En este caso concreto, la desclasificación de un material se puede permitir cuando es posible garantizar la seguridad y la protección sin necesidad de control regulador posterior, pudiendo ser objeto de movimientos transfronterizos, lo que confiere al hecho de la desclasificación una dimensión internacional que requiere una actuación, si no homogénea, sí coherente entre todos los países que participen de ella.

Pueden mencionarse muchos ejemplos como el expuesto, pero quizás el mayor interés de este tipo de documentos técnicos radica en que para aquellos países cuya capacidad tecnológica y sector nuclear tienen una dimensión limitada —la mayoría, por otra parte— son de una enorme utilidad

porque recogen una práctica consensuada internacionalmente y basada en la experiencia adquirida en países de mucho mayor nivel tecnológico.

4.1. La posición española ante la colección de documentos técnicos de seguridad

Las entidades españolas involucradas en la gestión de los residuos radiactivos, ya sean autoridades, operadoras, reguladoras o de apoyo técnico, tienen capacidad técnica suficiente para evaluar la seguridad de las instalaciones y actividades de gestión de los residuos radiactivos que se generan en España.

No obstante, son frecuentes las situaciones en las que es necesario recurrir a referencias internacionales para utilizar criterios, modelos o datos para las evaluaciones de seguridad que estén suficientemente contrastados.

Las relaciones que mantienen estas entidades, en el seno de varias organizaciones internacionales o a través de acuerdos bilaterales, con sus homólogos de otros países suelen ser suficientes para disponer de las referencias mencionadas. Sin embargo, existen ocasiones en las que resulta conveniente recurrir a fuentes consensuadas internacionalmente.

La colección de documentos técnicos del OIEA es, sin ninguna duda, una de las principales referencias técnicas internacionales en diversas áreas de interés. Baste recordar el mencionado documento sobre niveles para la desclasificación de materiales residuales que contienen bajas concentraciones de radionucleidos, cuya dimensión internacional trasciende las soluciones ofrecidas por cada país en particular.

Así pues, puede decirse que la colección de documentos técnicos del OIEA resulta de gran interés para la situación española, por lo que, sin duda alguna, es aconsejable continuar participando activamente en su elaboración.

5. Epílogo

La puesta a la firma de la Convención Mixta y la reestructuración del programa RADWASS del OIEA ha coincidido con una clara tendencia de incremento en las actividades nacionales relativas a la gestión de los residuos radiactivos y al desmantelamiento de instalaciones en España. Esta coincidencia constituye en sí misma una oportunidad para que las actuaciones en las instalaciones españolas se beneficien de un esfuerzo normativo que posee, además, el valor añadido del consenso internacional.

A estas actividades del OIEA hay que añadir el esfuerzo que, en algunos campos muy concretos, está realizando la Comisión Europea por desarrollar normativa, guías y recomendaciones, básicamente de protección radiológica, de aplicación en la gestión de los residuos radiactivos.

La actitud de las entidades reguladora (CSN), operadora (Enresa) y de otras relacionadas con este sector, es favorable al desarrollo de este tipo de normas de alcance internacional, porque facilitan el desarrollo de sus respectivas actividades, a la par que definen un marco de actuación y permiten alcanzar unos niveles de seguridad homologables con de los países más avanzados tecnológicamente.

Las entidades citadas participan activamente en el desarrollo de estas actividades internacionales y prevén continuar haciéndolo en el futuro. 

⁹ *Clearance Levels for Radionuclides in Solid Materials*. Interim Report for Comment. OIEA. TEDOC 855, 1995.

Cien años del descubrimiento del polonio y el radio

En 1998 se han cumplido los cien años del descubrimiento del polonio y el radio, con los cuales la radiactividad alcanzó mayoría de edad, esto es, se estableció como un campo de investigación de la física —y la química— de

extraordinario interés. En este artículo se reconstruyen los principales rasgos que llevaron al hallazgo de los dos nuevos elementos y los trabajos de los investigadores que hicieron posible esta contribución científica.

1. El descubrimiento de la radiactividad: Henri Becquerel

La historia que nos concierne comenzó en realidad antes, en 1896, con un protagonista llamado Henri Becquerel (1852-1908), el tercero de una familia de físicos: era catedrático de física en el Muséum d'Histoire Naturelle de París, el mismo puesto que antes que él habían ocupado su padre y su abuelo. Becquerel asistió a la reunión del 20 de enero de 1896 de la Académie des Sciences, de la que era miembro, en la que dos médicos, Oudin y Barthélemy, presentaron una fotografía de huesos de la mano, obtenida con la ayuda de los rayos X, que Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923), director del Instituto de Física de la Universidad de Wurzburg, había observado por primera vez el 8 de noviembre de 1895. En aquella sesión, el matemático Henri Poincaré, que fue el

encargado de presentar el trabajo de Oudin y Barthélemy, señaló que, utilizando las palabras que más tarde incorporó a un artículo (*Les rayons cathodiques et les rayons Röntgen*) que publicó en la *Revue générale des sciences pures et appliquées*, “existen dos medios de constatar su presencia [la de los rayos X] y, en consecuencia, de estudiarlas. Pueden ser reveladas, bien por la fotografía, bien por la fluorescencia que comunican a ciertos cuerpos”. (Como los términos *fluorescencia* y *fosforescencia* —que aparecerá enseguida— forman parte importante del contexto del descubrimiento de la radiactividad, explicaré brevemente en qué consisten. Algunos materiales emiten luz cuando son expuestos a una fuente —electrones, fotones, etcétera— que les excita. Si el material continúa emitiendo luz después de que se haya eliminado esa fuente, se dice que es fosforescente o fluorescente. Si el tiempo que tarda en desaparecer esa luminosidad inducida depende de la temperatura del material, hablamos de fosforescencia; si es independiente, de fluorescencia).

Pues bien, lo que hizo Becquerel fue explorar la aparente conexión entre rayos X y fluorescencia, para lo cual recurrió al doble sulfato de potasio y de uranio, sustancia fluorescente con la que estaba familiarizado (su padre había sido un experto en sales de uranio). El 24 de febrero, es decir poco más de un mes después de la reunión de la Académie, y casi cuatro del descubrimiento de Röntgen, Becquerel presentaba su primera comunicación a la Académie des Sciences: *Sur les radiations émises par phosphorescence*. La conclusión que transmitía en aquel artículo (publicado en *Comptes rendus*) era que los rayos emitidos por la sal de uranio impresionaban, a través de una espesa envoltura de papel, una placa fotográfica. Parecía, efectivamente, que la fluorescencia iba acompañada de rayos X. “Se deja”, escribía, “una placa de la sustancia fosforescente sobre el papel, por la parte de fuera, y se expone el conjunto al sol durante varias horas. Cuando se revela después la placa, se descubre la silueta de la sustancia fosforescente, apareciendo en negro en el negativo. Si se coloca

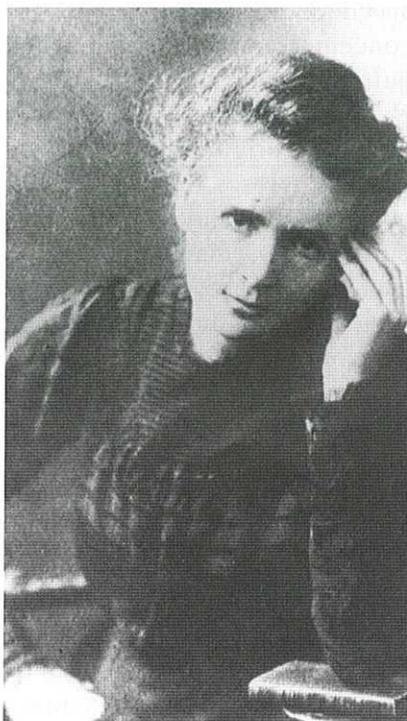
* Catedrático de Historia de la Ciencia en la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Madrid. Es autor de numerosos trabajos y publicaciones sobre Historia de la Física y la relación entre ciencia y sociedad.



► Figura 1. Henri Becquerel.

entre la sustancia fosforescente y el papel una moneda o una hoja de metal agujereada con algún dibujo, se puede ver que la imagen de estos objetos aparece en el negativo”.

Sin embargo, una semana más tarde, el 2 de marzo, la Académie recibía otra comunicación de Becquerel, esta vez con un contenido mucho más sorprendente. El día 26 de febrero se había visto obligado a interrumpir sus experiencias con las sales de uranio debido a que estaba nublado y no salió el sol. Como tenía la placa fotográfica protegida por una envoltura y la sal de uranio preparada, las guardó en un cajón, esperando que el día siguiente saliese el sol y pudiese exponer la sal a su luz. Como el tiempo no cambió en varios días, el 1 de marzo Becquerel optó por revelar la placa fotográfica, esperando encontrar imágenes débiles. Sorprendentemente, encontró siluetas muy fuertes. Sin la intervención de la luz solar, sin ninguna fluorescencia visible, el compuesto de uranio había emitido una radiación capaz de impresionar la placa. El porqué era algo que Becquerel desconocía; de hecho, en un artículo que publicó en *Comptes*



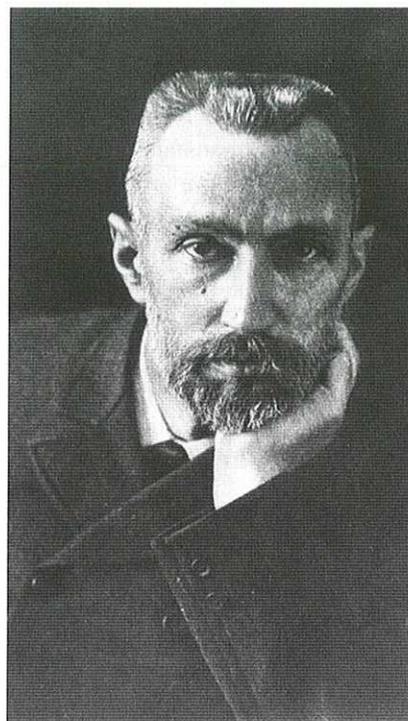
► Figura 2. Marie Curie.

rendus el 18 de mayo (también de 1896), en el que señalaba que después de mantener las sales de uranio durante más de dos meses “aisladas de todas las radiaciones conocidas con poder de excitación, han continuado emitiendo los nuevos rayos, casi sin que se perciba su debilitamiento”, comentaba que “la emisión producida por el uranio... es el primer ejemplo de un metal que exhibe un fenómeno del tipo de una fosforescencia invisible».

Becquerel hablaba, como vemos, de *fosforescencia invisible*. El término *radiactividad* todavía no existía.

2. El primer artículo de Marie Curie sobre la nueva radiación

El descubrimiento de Becquerel no atrajo excesiva atención; los rayos X seguían en la cresta de la ola de la popularidad. Pero en este punto de la historia entra Marie Curie (Skłodowska de soltera). Polaca de nacimiento, Marie había nacido en Varsovia el 7 de noviembre de 1867, y en noviembre de 1891 abandonó su patria para trasladarse a París a estudiar en la Sorbona: en



► Figura 3. Pierre Curie.

1893, obtuvo la *licence ès sciences*, la primera de su clase, y el año siguiente, la *licence ès mathématiques*. Aquel mismo año de 1894, Marie conoció a Pierre Curie, profesor de física en la *École de Physique et de Chimie Industrielles*, con quien contrajo matrimonio (civil) el 26 de julio de 1895.

Una vez obtenida su segunda licenciatura, Marie decidió doctorarse. Y no encontró mejor tema que el de estudiar el fenómeno descubierto no hacía mucho por Becquerel: “Mi atención”, recordó en su autobiografía, “había sido atraída por los interesantes experimentos de Henri Becquerel con las sales del raro metal uranio... Mi marido y yo estábamos muy excitados por este nuevo fenómeno, y yo decidí emprender un estudio especial de él. Me parecía que lo primero que había que hacer era medir el fenómeno con precisión. Para ello decidí utilizar la propiedad de los rayos que les permitían descargar un electroscopio. Sin embargo, en lugar del electroscopio habitual, utilicé un aparato más perfecto... No tardé mucho en obtener resultados interesantes. Mis determinaciones

demonstraron que la emisión de rayos es una propiedad atómica del uranio, cualquiera que sean las condiciones físicas o químicas de la sal. Cualquier sustancia que contiene uranio es tanto más activa emitiendo rayos, cuanto más contenga de este elemento”.

El aparato al que se refería Marie Curie era el electrómetro de cuarzo piezoeléctrico, que era capaz de medir corrientes eléctricas de baja intensidad, y que había desarrollado Pierre Curie, junto a su hermano Jacques, dentro de sus investigaciones sobre las propiedades eléctricas de los cristales, investigaciones que les condujeron al descubrimiento de la piezoelectricidad (electricidad producida debido a presiones; la palabra está formada a partir de la raíz griega *piezein*, presionar), un término que, sin embargo, tardaría aún algunos años en ser introducido.

El primer fruto del interés de Marie por la radiación descubierta por Becquerel fue un breve artículo publicado en los *Comptes rendus* (fue presentado a la Academia el 12 de abril de 1898 por Gabriel Lippmann), y titulado *Rayons émis par les composés de l'uranium et du thorium*. Para sus experimentos, Marie utilizó las instalaciones de la École Municipal de Physique et de Chimie Industrielles, en la rue Lhomond, el centro en el que, como ya indiqué, trabajaba Pierre Curie; se trataba, en realidad, de un húmedo y frío cobertizo de ladrillo y cristales destinado a servir de lugar de almacenaje para la escuela.

Mucho se ha escrito del laboratorio de la rue Lhomond en el que Marie y Pierre Curie llevaron a cabo sus épicas investigaciones, escritos en los que se ha insistido en las insalubres condiciones que reinaban en su interior. George Jaffé, ruso de nacimiento pero educado en Alemania (obtuvo su doctorado con Ostwald en Leipzig), que pasó un tiempo trabajando en aquel laboratorio en 1904, relató una

anécdota que da idea de las altas concentraciones de compuestos químicos que se encontraban en él, aunque en este caso el fenómeno que se originó no parece que fuese peligroso: “El barracón del que estoy hablando ya no existe, pero debe permanecer en el recuerdo como la escena de una experiencia que, en mi opinión, es única en la historia de la ciencia. Es bien sabido que la separación definitiva del radio de su primo el bario se llevó a cabo mediante cristalización fraccionada de sus sales, un método que los Curie inventaron pero rechazaron patentar, y que continúa utilizándose hasta el momento presente. En la época en cuestión, el proceso de cristalización estaba bastante avanzado y las soluciones de diversas concentraciones se situaban a lo largo de las paredes de aquel modesto laboratorio. Una noche, cuando los Curie entraron en el barracón vieron, para su inmensa sorpresa, que todos los recipientes brillaban con una mística luz verdusca. La concentración de los líquidos originales era tan alta que habían ionizado fuertemente el aire dando lugar a una especie de efecto corona”.

Lo que hizo Marie en aquellas sus primeras investigaciones en el campo de la radiactividad fue, por un lado, estudiar la conductibilidad del aire bajo la influencia de la radiación emitida por el uranio, y, por otra parte, buscar si existían otras sustancias, aparte de los compuestos del uranio, que convirtiesen al aire en conductor de la electricidad. El procedimiento experimental era, en principio, sencillo: colocaba el material a estudiar sobre una placa metálica frente a la que se encontraba otra placa, también de metal, que hacía las veces de condensador; utilizaba entonces el electrómetro de cuarzo piezoeléctrico para comprobar si pasaba alguna corriente eléctrica por el aire contenido entre las placas. Cuanto mayor fuese la intensidad

de esa corriente, mayor la *actividad* (es decir, la *potencia*) radiactiva de la sustancia.

De esta manera, Marie examinó un gran número de metales, sales, óxidos y minerales. Entre sus observaciones, se encontró con una especialmente llamativa: “Los minerales que se han mostrado activos, todos contienen elementos activos. Dos minerales de uranio: la peblenda (óxido de uranio) y la calcolita (fosfato de cobre y de uranio) son mucho más activos que el propio uranio. Este hecho es muy sorprendente e induce a creer que estos minerales pueden contener un elemento mucho más activo que el uranio”. Pronto comprobaría que tal suposición era correcta.

3. El descubrimiento del polonio

Los indicios anteriores condujeron a Marie Curie a la tarea de intentar aislar el o los elementos que creía haber detectado indirectamente en minerales como la peblenda. Pero semejante tarea parecía demasiado exigente para ella sola, así que solicitó la ayuda de su marido, un maestro consumado, además, en el manejo del electrómetro piezoeléctrico (como al principio no conocían ninguna de las propiedades de la sustancia que buscaban, únicamente que emitía radiación, se tuvieron que basar sobre todo en las consecuencias de esa radiación, tarea para la que era imprescindible el electrómetro). Pierre aceptó interrumpir, en principio temporalmente, las investigaciones que estaba realizando con cristales. Sería una interrupción menos *temporal* de lo que pensaba.

En la colaboración de Marie y Pierre, y en la medida en que sea posible distinguir con claridad responsabilidades diferentes, ella asumió sobre todo las tareas asociadas a los análisis químicos y él la de los físicos. En lo que se refiere a fechas, el trabajo conjunto, de manera sistemática, parece que comenzó hacia mediados de marzo de 1898.



► **Figura 4.** Marie Curie en su laboratorio, en 1903.

Esto quiere decir que, de hecho, la colaboración científica entre el matrimonio comenzó antes de que el primer artículo de Marie fuese presentado a la Academia de Ciencias (lo fue, recordemos, el 12 de abril).

Pero, en más de un sentido, el inicio de lo que sería el camino conjunto que les conduciría hacia el descubrimiento del polonio y del radio se produjo el 14 de abril, dos días después de la presentación del primer artículo de Marie a la Academia, cuando pesaron una muestra de 100 gramos de peblenda y la machacaron en un almirez. Llegaría el día, cuando buscaban

muestras puras de los nuevos elementos, en que trabajarían no con gramos sino con toneladas.

Tardaron unos tres meses en obtener su primer gran resultado, el que les animó a anunciar la existencia de un nuevo elemento químico: el polonio. En efecto, fue el 18 de julio cuando presentaban en la Académie des Sciences su artículo *Sur une substance nouvelle radioactive, contenue dans la peblende* (que, como la mayoría de los trabajos que estoy mencionando apareció en *Comptes rendus*). Allí fue, por cierto, la primera vez que se utilizó la expresión *radioactiva*; esto

es, activa en radiación, que emite radiaciones. Marie y Pierre introducían así un término, *radioactividad*, que se impondría, frente a otros, ya olvidados, como la *hiperfosforescencia*, propuesto por el británico Silvanus Thompson.

La lectura de ese breve artículo aclara perfectamente las circunstancias del trabajo del matrimonio Curie durante aquellos tres meses: “Nuestras investigaciones químicas”, escribían, “se han guiado constantemente por el control de la actividad radiante de los productos separados en cada operación. Cada producto se sitúa sobre una de las placas de un condensador, y la conductividad adquirida por el aire se mide con la ayuda de un electrómetro y de un cuarzo piezoeléctrico... Así obtenemos no sólo una indicación sino además un número que traduce la riqueza del producto en la sustancia activa”.

Trataron la peblenda (procedente de las minas austriacas de San Joachimsthal) con ácidos, y el líquido obtenido con hidrógeno sulfurado. “El uranio y el torio se quedaron en el líquido”, escribían. El paso siguiente era, evidentemente, estudiar ese líquido sulfurado residual. Comprobaron que contenía “una sustancia muy activa, además de plomo, bismuto, cobre, arsénico y antimonio”. Tras nuevos tratamientos químicos consiguieron observar que “el cuerpo activo permanece junto al bismuto”. No fueron capaces de encontrar “ningún procedimiento exacto para separar la sustancia activa del bismuto por vía húmeda”. Sin embargo sí pudieron realizar “separaciones incompletas”, de las cuales se seguía la obtención de “productos cada vez más activos”. Finalmente, “conseguimos una sustancia cuya actividad es unas 400 veces mayor que la del uranio”.

Todo esto les animaba a atreverse a manifestar: “Creemos, pues, que la sustancia que hemos retirado de la peblenda contiene un metal no conocido hasta ahora, cerca-

no al bismuto por sus propiedades analíticas. Si la existencia de este nuevo metal se confirma, proponemos que se le denomine *polonio*, por el nombre del país de origen de uno de nosotros”.

Todavía no estaban completamente seguros (los análisis espectrográficos, realizados por Eugène Demarçay, no permitían identificar un nuevo elemento), pero sí lo suficiente para dar incluso un nombre al supuesto nuevo elemento, un nombre que demostraba el intenso amor de Marie a su Polonia natal.

4. El descubrimiento del radio

Durante las investigaciones que les condujeron al descubrimiento del polonio, Marie y Pierre descubrieron indicios de que, acompañando al bario separado de la pechblenda, podía existir otro elemento. Pero para continuar avanzando, los Curie pensaron que necesitaban más conocimientos y habilidades químicas que las que ellos poseían, y en consecuencia solicitaron la ayuda de Gustave Bémont, un químico que era entonces jefe de los trabajos de química mineralógica en la École de Physique et Chimie Industrielles. Tras varios meses más de duro trabajo, fueron capaces de separar ese segundo nuevo elemento, al que denominaron *radio*, y que después demostró ser mucho más importante que el polonio. El anuncio correspondiente lo efectuaron en la sesión de la Académie celebrada el 26 de diciembre (aún de 1898). *Sur une nouvelle substance fortement radioactive, contenue dans la pechblende* fue el título que dieron a su artículo.

En él señalaban que a lo largo de sus investigaciones habían “encontrado una segunda sustancia fuertemente radiactiva y totalmente diferente de la primera [el polonio] por sus propiedades químicas”, una sustancia que tenía “todas las apariencias químicas del bario casi puro”. Pero sabían que ni el bario ni sus compuestos son normalmente

radiactivos, y por ello aplicaron procedimientos químicos dirigidos a intentar aislar el elemento radiactivo. En primer lugar obtuvieron una sustancia, en estado de cloruro hidratado, con una radiactividad 60 veces más fuerte que el uranio metálico. Insistiendo con más fraccionamientos, llegaron a una sustancia que poseía una actividad 900 veces mayor que el uranio. “En este punto”, manifestaban, “tuvimos que detenernos por habérsenos acabado la sustancia; pero por la evolución de las operaciones, cabe prever que la actividad habría aumentado todavía mucho más si hubiéramos podido continuar”. Además, en este caso los análisis espectrográficos realizados por Demarçay daban resultados esperanzadores.

Esas razones les hacían “creer que la nueva sustancia radiactiva contiene un elemento nuevo, al que proponemos dar el nombre de *radio*”. Es de suponer que lo bautizaron de esta manera porque, debido a la intensidad de su actividad, parecía ser el prototipo de elemento *radioactivo*.

No sin un cierto orgullo, en su tratado de radiactividad, Marie Curie (*Traité de Radioactivité*, Gauthier-Villars, París 1910) dejó constancia de que había sido ella quien introdujo la nueva nomenclatura: “Fue en esta época cuando pareció necesario encontrar un nombre destinado a designar la nueva propiedad de la materia que había sido descubierta por H. Becquerel en los compuestos de uranio, pero que no parecía pertenecer solamente a estos compuestos. Se puede decir que los compuestos de uranio y de torio emiten *rayos de Becquerel*. Yo he denominado *radiactivas* a las sustancias que dan lugar a una emisión de este género, y he dado el nombre de *radiactividad* a la nueva propiedad de la materia, que se manifiesta en estas sustancias. Este nombre, que ha sido utilizado por primera vez en la publicación relativa al descubrimiento del polonio [*Comptes rendus*, julio de

1898], ha sido adoptada generalmente después”.

5. Reconocimiento internacional

En 1903, la Academia sueca de Ciencias decidió que la radiactividad merecía el premio Nobel de Física (era el tercer año que se concedía), y que Becquerel, Marie y Pierre Curie lo debían compartir (una mitad –setenta mil francos– para Becquerel y la otra para el matrimonio Curie). El primero, “en reconocimiento”, según la notificación oficial, “a los extraordinarios servicios que ha prestado con su descubrimiento de la radiactividad espontánea”; Pierre y Marie, “en reconocimiento a los extraordinarios servicios que han prestado con sus investigaciones conjuntas sobre los fenómenos de radiación descubiertos por el profesor Becquerel”.

Con el premio llegó la fama (también hay que señalar que fue un servicio mutuo, ya que fue a partir de aquel año cuando los premios Nobel comenzaron a ganar reconocimiento popular). Entre los temas recurrentes a la hora de las informaciones publicadas en la prensa sobre el premio, destacan dos: el primero, la figura de Marie Curie, una mujer en un mundo de hombres; el segundo, el descubrimiento del radio, que, curiosamente, no había sido mencionado en la notificación oficial. Las supuestas maravillosas propiedades (físicas, médicas, químicas) del nuevo elemento fueron aireadas constantemente por la prensa. Y el reconocimiento internacional repercutió en Francia: “No conocemos a nuestros científicos”, se escribía en *La Liberté* del 15 de noviembre, “son los extranjeros los que nos los descubren”. El 31 de enero de 1904, el presidente de la República, Émile Loubet, y el ministro de Instrucción Pública, Joseph Chaumié, visitaban el laboratorio de los Curie, y prometían nuevos locales. El rector de la Académie, Liard, pedía al Parlamento que crease una cátedra en la Sorbona para Pierre, quien en 1900

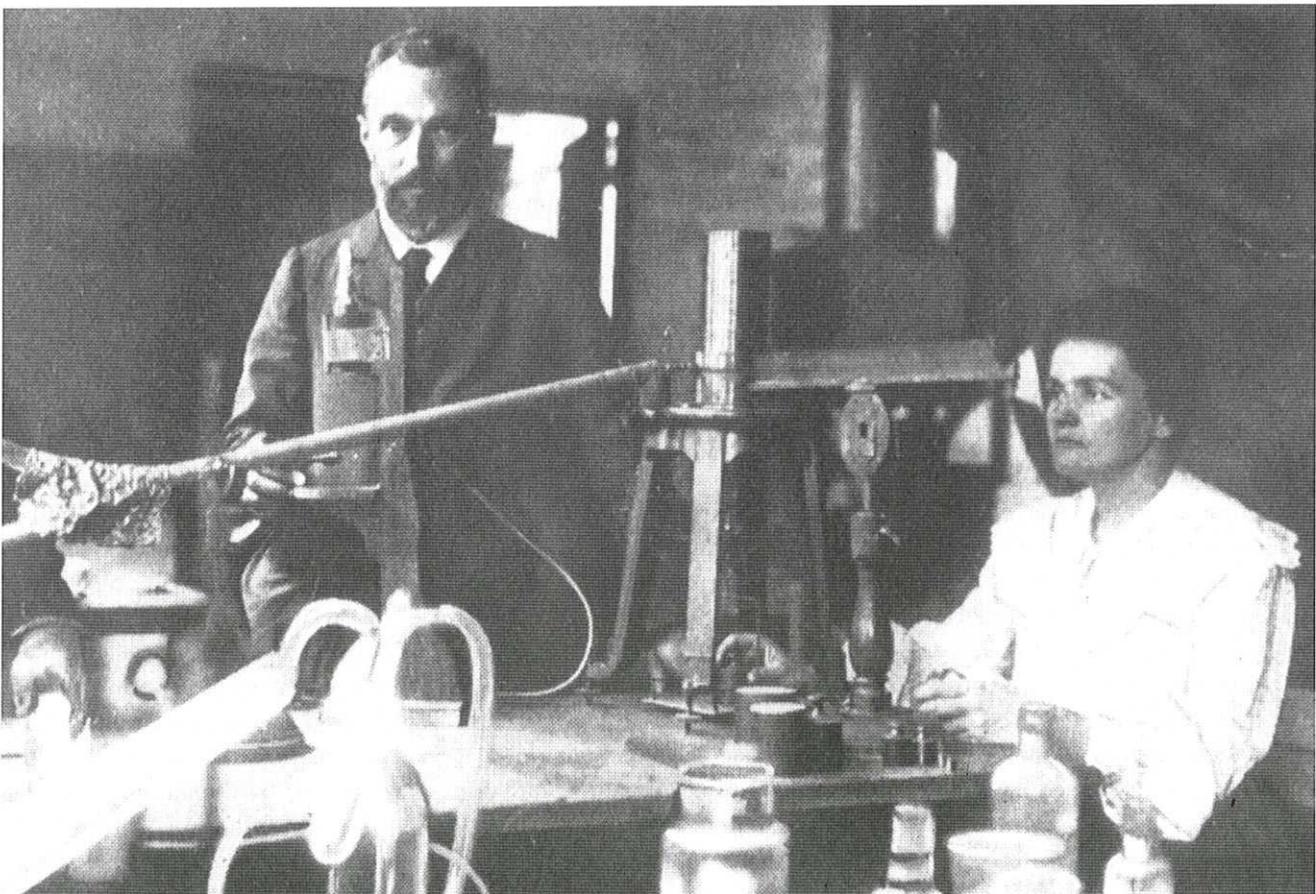
había rechazado, tras grandes vacilaciones, una cátedra en la Universidad de Ginebra. El 1 de octubre del mismo año, Pierre era nombrado, por fin, profesor de la Facultad de Ciencias, tras muchos años en la interesante pero oscura *École de Physique et Chimie Industrielles*. La cátedra que recibió se denominó *Physique Générale et Radioactivité*. En octubre de 1905 era elegido para ocupar un lugar entre los denominados *immortales*, esto es, en la *Académie des Sciences*, la misma institución que en 1902 había preferido elegir a Emile Amagat, y no a Pierre, que también era candidato.

En plena fiebre *radiactiva*, Henri Farjas, que ya había fundado la *Revue universelle des inventions nouvelles* en 1886, y *La protection de l'intelligence* en 1890, creó rápidamente una nueva revista mensual ilustrada, titulada *Le radium*, para "los turistas, obreros, trabajadores del suelo, grandes y pequeños propietarios", que podrían es-

tar interesados en el descubrimiento de minerales que contuvieran "los nuevos cuerpos luminosos".

En cuanto a Marie, los honores académicos que recibió fueron mucho más modestos: simplemente fue nombrada *chef des travaux* en el laboratorio de su marido. No sería, sin embargo, hasta finales de 1905 cuando el laboratorio de los Curie fue transferido de la *École de Physique et Chimie* a un anexo de la Facultad de Ciencias situado en la rue Cuvier. Allí trabajaría Marie Curie hasta 1916. Pero por entonces muchas cosas habían cambiado: el 19 de abril de 1906, un día lluvioso y con el suelo resbaladizo, Pierre Curie había sido arrollado por un camión cargado con más de cuatro mil kilos de material militar, tirado por caballos, muriendo instantáneamente. Como consecuencia, y en una iniciativa excepcional, la Facultad de Ciencias propuso a Marie para que sucediese a su marido en la cátedra de la Sorbona, que tan poco

tiempo había podido ocupar. Aceptó después de algunas dudas. Al principio tuvo el título de *professeur adjoint*, pero en 1910 ya recibió el nombramiento de catedrático (*professeur titulaire*). De nuevo, una mujer en un mundo de hombres. Y por si todo esto fuera poco, en 1911 obtuvo un nuevo premio Nobel, el de Química, "en reconocimiento a sus servicios al avance de la química con el descubrimiento de los elementos radio y polonio, el aislamiento del radio y el estudio de la naturaleza y compuestos de este extraordinario elemento". El primer caso en la historia de estos célebres galardones en que una persona recibía dos premios. Marie Sklodowska-Curie era ya una leyenda, una leyenda cuya fuerza continuaría creciendo incluso después de su muerte (1934). Pero en realidad todo había comenzado en 1898, el año en el que realizó su mayor contribución a la ciencia: el descubrimiento del polonio y el radio. 



► Figura 5. Pierre y Marie Curie, en su laboratorio de París.

● Fátima Rojas y Antonio Calvo*

El caso Acerinox y su repercusión en los medios de comunicación

El incidente ocurrido en la planta de Acerinox en Los Barrios (Cádiz) hace unos meses tuvo una amplia trascendencia pública y despertó gran interés en los medios de comunicación. El presente artículo recoge las

reflexiones de los autores sobre la repercusión del caso desde el punto de vista periodístico, presentadas en el curso sobre información ambiental de la Universidad Politécnica de Madrid que se celebró el pasado mes de septiembre.

1. Introducción

Acerinox es el nombre de la acería más importante que hay en España. Esta empresa, que compra chatarra y vende acero inoxidable, se convirtió, durante los pasados meses de junio y julio en la segunda noticia de carácter medioambiental del país, después de la catástrofe de Doñana, según datos del Centro de Estudios de Información Ambiental. Desde el día 12 de junio su nombre entró a formar parte de la historia de los *accidentes nucleares* y su fábrica, instalada en Los Barrios (Cádiz), junto a Algeciras, se hizo más famosa de lo que a sus propietarios les hubiera gustado. Nos proponemos en estas líneas diseccionar cómo fue el episodio por el que esta planta saltó a los medios, las razones y las sinrazones del suceso, además de los mitos y las informaciones que en torno a este caso se generaron.

Cuando Joaquín Araújo, organizador de este curso, nos llamó para

que participáramos en él, la idea común era explicar cómo funciona el gabinete de información y prensa del Consejo de Seguridad Nuclear; cómo se hace, en definitiva, el trabajo informativo desde un organismo público encargado de velar por la seguridad nuclear y la protección frente a las radiaciones. Aunque el encargo fue antes del suceso gaditano, nos pareció que hablar sobre un caso concreto podía ser mucho más ilustrativo que hacerlo simplemente desde la teoría para expresar las dificultades cotidianas que tenemos a la hora de transmitir mensajes y de hacer transparente algo con fama –muchas veces merecida– de opaco, contando de antemano con la mala prensa que tienen las cuestiones nucleares y radiactivas, sean las que sean.

En este caso, confiamos que entre todos podamos entender mejor las claves de un asunto cuyas raíces profundas se nos escapan. Para ello creemos que lo mejor es contar los hechos como sucedieron cronológicamente y como quedaron reflejados en los medios. Vamos a enfren-

tarnos, por tanto, a unos hechos y a su interpretación. Vamos a comprobar cómo se establecen mitos informativos con razones aparentemente débiles y cómo, después, la realidad es incapaz de desmentirlos. En este caso, al igual que en otros, nos vamos a enfrentar a la dolorosa máxima periodística según la cual *no hay que dejar que la realidad estropee un buen titular*.

2. Los hechos

El día 9 de junio, la empresa Acerinox envió un fax al CSN anunciando que había encontrado contaminación radiactiva en su planta de Los Barrios (Cádiz). Nadie sabía lo que pasaba, pero se sospechaba que en el horno de fundición se había quemado una fuente radiactiva. El día 10, un inspector del CSN viajó hasta Cádiz, inspeccionó el lugar y realizó verificaciones. Ese mismo día, y al siguiente, el CSN dictó las medidas de precaución a tomar sobre el aislamiento de las zonas contaminadas y la protección del personal, y se inició la investigación de qué había pasado, cuándo, por qué, etcétera. Es de

* F. Rojas y A. Calvo son periodistas científicos, asesores de comunicación del CSN.

NUBE DE BOCHORNO

UN azar meteorológico ha querido que la nube radiactiva generada hace hoy una semana en la planta de la empresa Acerinox no haya cubierto España, y se haya desviado, por un cambio de viento, hacia Francia, Suiza y el norte de Italia. Aunque los niveles de radiactividad han sido muy inferiores a los que entrañarían riesgo para la salud pública, y en cualquier caso, el hecho preciso clasificar el incidente en la Escala de Accidentes Nucleares, lo sucedido nos sitúa en una situación frente a otros países. No menos, por lo que debería afrontar la propia Acerinox, cuyo primer comunicado ayer no fue para tranquilizar a la población, sino a la prensa se debió a la mercantilización de la responsabilidad.

EDITORIAL

La vergonzante fuga de Acerinox

Aunque han pasado varios días, está claro que demonios ha ocurrido en la planta gaditana de Acerinox. Lo sabido es que el proceso productivo unas cantidades -todavía no cuantificadas- de radiactividad por cesio-137. Algo que, en algunas fuentes, fue debido a la utilización de chatarra contaminada y por primera vez. El resto es un misterio que resulta muy difícil dar crédito a las afirmaciones oficiales de que el incidente no trajo peligro alguno: ni entre los trabajadores ni para la población.

Sembrar la alarma, acudiendo a un examen basado en meras suposiciones, es posible, pero hay que convenir que los silencios escapistas de la Seguridad Nuclear que no han sido capaces de impedir la interrupción laboral que se prolonga ya una semana, ni siquiera para preparar el examen radiológico de los empleados ayer, lunes. Tampoco fueron capaces de permanecer disponibles para facilitar información. Debe ser que los postales deben posponer su preocupación a las jornadas laborales, sumiéndose durante los festivos en idéntico narcosismo que el de los directivos.

El CSN, entre el mutismo y la incompetencia

Al fin, la planta de Acerinox en Algeciras ha desatado a un reactor médico para que el escape de los ha minado. Ayer 25 trabajadores fueron sometidos a este examen, presentan niveles de radiación portavoz del Consejo de Seguridad Nuclear.

EL MUNDO

LA TRONERA

ANTONIO GALA

En qué manos estamos

El consejero andaluz de Medio Ambiente, con motivo del episodio de Acerinox y su nube radiactiva, descubierta antes que aquí en Italia y Suiza, ha dicho taxativamente: «Hemos hecho el ridículo sobre, qué bochorno. Ese consejero mismo responsable de la catástrofe ganará para responsabilidades y ridículo que quiera echar balones fuera de Seguridad Nuclear o contra los culpables de todo. Y todos a la calle, nacional o internacional. Que traten de justificarse y de justificable. Da grima y pena que nadie oído. España, por ejemplo.

Sin excusas

LA FUGA de cesio radiactivo en la planta de Acerinox en Algeciras ha desencadenado una nueva controversia sobre la actuación del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). Entre el martes 9 de junio, fecha en la que se produjo el escape a la atmósfera de tan peligroso isótopo, y el jueves, cuando el Consejo avanzó, tímidamente, que las medidas inusualmente elevadas de cesio 137 en varios países europeos podían deberse a la fuga en la fábrica de Acerinox, median más de 48 horas. Esta demora es injustificada si, como asegura el CSN, fue informado del escape desde el primer momento, y es injustificable porque si la contaminación en la atmósfera es muy por debajo de los niveles de riesgo, como también afirma el CSN, no existían razones para no informar a la opinión pública. En lugar de dar cuenta sobre un asunto en el que no hay peor remedio que la desinformación.

EL PAIS

CINCO DIAS

destacar que la fábrica no es una instalación industrial de las que regula habitualmente el CSN y que los procedimientos de trabajo y actuaciones de la empresa no estaban, por tanto, bajo la *jurisdicción* de este organismo.

El día 12 por la mañana, llegando el inspector a Madrid y con la primera valoración de alcance ya hecha, los técnicos del CSN nos explicaron el caso y empezamos inmediatamente a preparar la primera nota de prensa, aunque todavía había muchas lagunas: la cuestión es que en una fábrica que nada tiene que ver con las instalaciones que controla el CSN se había fundido una fuente radiactiva de cesio-137, pero no sabíamos cuándo, ni cómo había llegado la fuente hasta allí; sabíamos que la planta estaba contaminada por dentro y que, por otra parte, las estaciones de vigilancia radiológica atmosférica no habían dado ningún valor anormal que indicara contaminación radiactiva, por lo que no parecía que por la chimenea se hubiera escapado nada significativo.

Con esos mimbres empezamos a preparar la nota, y en ello estábamos cuando nos enteramos de que la tarde anterior, a las 20,30 horas, se había recibido en el CSN una comunicación, por el conducto internacional establecido con el Organismo Internacional de Energía Atómica, sobre la detección de un incremento de cesio-137 en la atmósfera en algunos laboratorios del sur de Francia y de algunos puntos de Suiza e Italia. La primera pregunta que nos hicimos era obvia: ¿es *nuestro* lo que ha llegado a Francia? Y si así fuera, ¿cómo no lo hemos detectado en España? Nuestros técnicos insistían una y otra vez en que las estaciones automáticas españolas no habían dado ningún valor anormal y que estaban rastreando los valores de los laboratorios.

Conviene aclarar que las estaciones que miden de manera constante la radiación ambiental no sirven para detectar una cantidad tan pequeña de cesio como la que se había encontrado en Francia, y éste es un punto importante. Ni las españolas, ni las francesas ni las de

ningún país. Tanto estas estaciones automáticas del CSN, 25 en toda España, como las 900 con que cuenta la Dirección General de Protección Civil, son útiles para detectar niveles superiores de radiactividad, más cercanos a los valores a partir de los cuales habría que empezar a preocuparse. Lo que ocurre es que los países desarrollados, preocupados desde el accidente de Chernóbil por lo que pudiera pasar, han puesto en marcha sistemas de análisis más sensibles que pueden detectar niveles muy bajos de radiactividad; estos sistemas consisten en colocar filtros por los que, con una bomba, se hace pasar la mayor cantidad de aire posible durante un tiempo determinado. Los filtros se analizan posteriormente en laboratorio.

El caso es que los técnicos del CSN consideraron que, dado que se trataba del mismo isótopo radiactivo, el cesio-137 (un producto artificial que está presente en la atmósfera en pequeñas cantidades como consecuencia de las pruebas nucleares que se han hecho a lo largo de la historia), había que traba-

Figura 1. Ejemplos de algunos editoriales que la prensa escrita dedicó al caso.

jar con la hipótesis de que lo de Francia estaba relacionado con lo de Algeciras. Así lo pusimos en nuestra primera nota de prensa, que distribuimos a más de 40 medios de comunicación locales, regionales y nacionales a última hora de la mañana. Es decir, y es importante resaltar esto: fuimos nosotros los que asociamos los dos hechos, a pesar de que no estaba confirmado que dicha relación existiera (a día de hoy, por cierto, seguimos sin confirmación y mucho nos tememos que la cosa quede para siempre como un enigma sin resolver).

Otra de las hipótesis que explicaría las mediciones hechas en Francia es la siguiente: la chatarra en la que venía la fuente, que parece que provenía de Estados Unidos, había sido adquirida a un comprador internacional de Holanda. Hasta aquí lo que se sabe. No se sabe de dónde la sacó la empresa holandesa, pero, como hipótesis, se puede pensar que compró una fábrica desmantelada en cualquier país sin muchos controles radiológicos. En esta fábrica, como en otras del mismo tipo, no existía una sola fuente de cesio, sino varias. Una de las fuentes fue en la partida de chatarra que compró Acerinox, pero otra pudo ir a una acería francesa, que la fundió sin darse cuenta y que, al carecer de detectores, como la mayoría de las acerías, aún no se ha dado cuenta de ello. Sin embargo, las estaciones próximas detectaron las emisiones. La nube producida por Acerinox se perdería, en esta hipótesis, por el Mediterráneo, sin que fuera detectada por nadie.

De esta manera, por cierto, se está culpando a quienes tienen medidas de seguridad instaladas de manera voluntaria, y quien no las tiene no sufre ningún contratiempo, al menos desde el punto de vista de la opinión pública.

Por supuesto, la reacción a nuestras notas de prensa no se hizo esperar. En cuanto recibieron la nota, todos los periodistas llamaron

para hacernos preguntas. El teléfono no paró de sonar y probablemente en esas horas (estamos todavía en el mismo día 12) se gestaron dos de los mitos más firmemente establecidos sobre esta historia, ambos falsos. Por una parte, que el incidente ocurrió el día 25 de mayo; por otra, que nos habíamos enterado por las comunicaciones francesas.

Lo del día 25 venía porque los datos proporcionados por los franceses se referían a un filtro que estuvo puesto desde el día 25 de mayo hasta el 2 de junio y analizado con posterioridad. Los franceses comunicaron los resultados de sus análisis el día 11, como ya dijimos, cuando el inspector del CSN llevaba ya dos días en Acerinox y, por tanto, ni el CSN se enteró por los franceses ni el suceso tuvo lugar el día 25. Pero, por mucho que explicáramos esto, desde el día 25 de mayo hasta el 12 de junio hay 18 días y a todo el mundo le parecía que 18 días de *ocultación* le daban mucha salsa a la historia.

Pero estamos todavía en el día 12. Aquella tarde estábamos impacientes por dar datos de nuestros laboratorios. Nos llegaron resultados, muy preliminares, de la central de Ascó en Tarragona y de las medidas tomadas por el Ciemat en Palomares (Almería) y en Madrid. La de Palomares estaba clara y mostraba un ligero incremento de cesio. Las de Madrid y Tarragona, por su parte, podían también indicar ligeros aumentos, pero todavía no se sabía con certeza y había que hacer una segunda prueba llamada espectrometría gamma. Decidimos hacer una segunda nota de prensa anunciando esto. Pero resulta que lo que había detectado era actividad beta total y, luego, cuando se hizo el análisis fino, se comprobó que no había niveles relevantes de cesio en Tarragona y que las medidas de Madrid, tomadas por el Ciemat, entraban dentro del rango habitual. A todos los que nos llamaban se lo explicábamos y para no

tener que explicarlo también a todos los que todavía no habían recibido la segunda nota decidimos suprimir la referencia de Madrid y Tarragona en la nota de prensa. Eso nos supuso que Greenpeace nos acusara de manipular la información y nuestras propias notas de prensa, por lo que nos hizo responsables de haber ocultado a la ciudadanía que estaba sufriendo los efectos de una devastadora nube radiactiva. En todo caso, aún no ha rectificado sus afirmaciones y, por tanto, el CSN sigue siendo mentiroso por decir la verdad.

En los días sucesivos, sábado y domingo, no paramos de contestar al teléfono. Entre otras cosas porque Greenpeace se había apresurado a hacer una rueda de prensa para decir que el caso era de "república bananera" y que estas cosas sólo pasan en España porque el CSN es incompetente y no controla nada. No sabían que hablaban de uno de los 300 casos de este tipo que se han producido en el mundo, ni sabían que la fuente no era española, ni sabían que Acerinox tiene instalados voluntariamente pórticos de detección de radiactividad y que gracias a eso nos enteramos todos de lo que había pasado... No sabían nada de eso, pero daba igual. Acusaron al CSN de no haber controlado "el accidente nuclear más importante desde Chernóbil", lo cual, dicho así, es muy duro, añadiendo que ni en Chernóbil se había ocultado la información durante tanto tiempo como lo había hecho el CSN en este caso (ya sabemos, 18 días); hablaban del tercer suceso más grave de la historia nuclear española, después del incendio en la parte eléctrica de la central nuclear de Vandellós (cientos de millones de pesetas) y el del acelerador médico de Zaragoza, que costó 12 muertes; casi acusaban al CSN de haber contaminado media Europa; y repetían que el cesio produce cáncer, aunque no especificaban a partir de qué niveles.



VIERNES, 3 DE JULIO DE 1998. Fundada en 1863 por Esteban de Bilbao y Galdakao. Número 41.537. 132 páginas.

Aznar: "El PP está siendo asesinado en Euskadi"



El presidente afirma que la presión sobre su partido afecta al juego democrático
Califica de frívola la actitud del PSOE y cree inútil romper ahora con el PNV
Garaiakoeza pide una tregua a ETA para formar un gobierno PNV-EA-HB

El CSN ocultó la radiactividad de las cenizas procedentes de Acerinox

El informe final de la denuncia presentada por el sindicato de los trabajadores de la acería de Acerinox, que se publicó el día 9 de junio, revela que el CSN ocultó la radiactividad de las cenizas procedentes de la acería de Acerinox. El informe indica que el CSN ocultó la radiactividad de las cenizas procedentes de la acería de Acerinox, lo que provocó un incendio en la ronda Litoral causa atascos en media ciudad.

Figura 2. A la izquierda, artículos publicados tras darse a conocer la noticia. Arriba, portada de La Vanguardia del día 3 de julio de 1998.

FUGA RADIATIVA EN ALGECIRAS El escape de cesio 137 de la acería que Acerinox tiene en Algeciras (Cádiz) ha soliviantado los ánimos, ya de por sí sensibles a todo lo nuclear, de las organizaciones ecologistas. Greenpeace dijo que esto es «de república bananera» y que España se está convirtiendo en el «sombro» mundial por los sucesos medioambientales. Los ecologistas de Cádiz denunciaron a Acerinox en el juzgado por delito ecológico.

«Un caso de república bananera»

«El escape se produjo el 25 de mayo, la empresa informó el 9 de junio y los afectados lo supieron el 12»



DIARIO 16

Un escape radiactivo en una factoría de Algeciras hace saltar la alarma en Europa

El Consejo de Seguridad Nuclear lo reconoce al cabo de dos semanas

EL MUNDO DEUS

¿Nube radiactiva española?
Aún sin confirmación oficial, la nube radiactiva detectada en seis países europeos parece tener origen en un accidente registrado en la factoría de Acerinox, en Algeciras.

El contenido de la nube radiactiva
El cesio-137 es un elemento radiactivo que se produce cuando el núcleo del átomo de uranio se divide en dos por la fisión.

El uranio 238
La reacción comienza cuando un neutrón inmediatamente se divide.

Carlos Bravo, experto nuclear de Greenpeace, «si se han contaminado débilmente millones de metros cúbicos de aire, puede haber sido muy importante la contaminación en el punto de origen».

TRABAJADORES CONTAMINADOS— De hecho, el CSN ha confirmado las primeras medidas de aislamiento de la zona, y ha no lunes en el personal afectado.

España no detectó una nube radiactiva que se originó en Algeciras y alarmó a media Europa

MEDIO AMBIENTE
La combustión de chatarra radiactiva en el horno de la acería de Acerinox liberó a la atmósfera cantidades de cesio-137. El CSN está investigando el incidente.



comunicados del Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA), que esta semana notificaron "un ligero incremento de cesio-137, muy por debajo de los niveles admitidos internacionalmente, en algunas estaciones de medición del sur de Europa. La empresa, por su parte, manifiesta que los filtros del horno son ineficaces y conducen los humos para evitar la salida de partículas al aire.

Hasta la fecha, la red de vigilancia radiológica española no ha detectado cesio-137, al contrario que otras.

Fuentes del CSN con contaminación podía ser porque "las máquinas no capacidad para detectar por tan bajo". También podría ser debido a que las condiciones meteorológicas de los días pasados.

Las mediciones que sembraron la inquietud entre los italianos
Los observatorios de Toulon y Niza

Nosotros, mientras tanto, íbamos engarzando piezas del puzzle y con la información del Instituto Nacional de Meteorología de España y de su equivalente francés, los técnicos establecieron la hipótesis de que los vientos que soplaban en aquellos días podrían haber empujado la nube hacia el Mediterráneo y, de allí, a Italia y Francia. Esto explicaría por qué no se detectaron concentraciones de cesio en los laboratorios españoles. Aquel domingo distribuímos una nota de prensa con todas estas explicaciones, lo que nos valió de nuevo para recibir la crítica de que estábamos intentando "escurrir el bulto" echándole la culpa a los vientos cuando en realidad "la nube había pasado por España y el CSN la había ocultado hasta que tuvo que contarlo porque los franceses sacaron sus

datos". Una de las principales acusaciones al CSN era precisamente esa, la de que se quitaba importancia al suceso. Pareciera que estábamos obligados a magnificarlo, independientemente de su importancia real.

3. Algunas reflexiones
Hasta aquí los hechos, sin extendernos más para no ser prolijos, aunque la historia continuó durante un mes más con otras dos plantas contaminadas por culpa de las cenizas. Pero el relato de los primeros días nos sirve para hacer en voz alta unas cuantas reflexiones sobre la comunicación y para compartir con ustedes las inquietudes que a nosotros nos quedan todavía.

— ¿Qué es mejor, la rapidez o la completa certeza?
En aquel difícil día 12 que hemos

relatado nosotros optamos por la rapidez. La paradoja es que si se da la información en cuanto está disponible, uno corre el riesgo de que no sea completa y de tener que modificarla. Y si no se da la información rápidamente enseguida aparece la acusación de *oscurantismo*. Entre la espada de la rapidez y la pared de la completa certeza, preferimos, como periodistas, la rapidez. Y la espada nos cortó.

— ¿Cuánto tiempo es razonable que se tome un organismo antes de informar?
Si el CSN hubiera sacado una nota de prensa el día 9 diciendo que se había detectado contaminación en Acerinox, al parecer de una fuente de cesio, que no se sabían las consecuencias, que no se sabía si había trabajadores contaminados, que no se sabía qué áreas había que aislar,

que no se sabía dónde estaban las cenizas ni qué repercusión podrían tener sobre las personas o el medio ambiente, posiblemente la acusación no hubiera sido de oscurantismo, sino de incompetencia, y además se hubiera desencadenado el pánico en la zona, a todas luces injustificado.

Incluso desde la óptica del periodista, parece razonable que no se cuente algo hasta que no se sepa exactamente qué. Quizá dos días sean mucho tiempo. Quizá sea poco. En todo caso, un organismo riguroso seguramente no puede dar información sin una base científica, sin saber, como en este caso, qué efectos puede tener el suceso, qué implicaciones y, sobre todo, qué consecuencias representa para los trabajadores afectados, para los habitantes de la zona y, en definitiva, para todos los ciudadanos.

– *El mito se crea independientemente de los hechos.*

Que fuera el CSN el que hiciera una nota de prensa relacionando las medidas tomadas fuera de España con las averiguaciones que desde dos días antes estaba haciendo en la acería carece de importancia. La cosa quedó en que si los franceses no avisan, nadie se hubiera enterado. Esa es la verdad inmutable, aunque no sea cierta. Y no importa mucho si una nota de prensa posterior ofrece una cronología diferente de los hechos. Es más, aunque algún periódico la recoja, no tiene peso ni fuerza para variar el mito, firmemente asentado ya. El CSN es culpable por no haberlo sabido antes, aunque fuera imposible hacerlo, y por no haberlo comunicado antes, aunque fuera irresponsable haberlo hecho.

– *¿Tiene que ver la credibilidad con la transparencia?*

Algunas de las informaciones y de las opiniones vertidas en los medios de comunicación durante aquellos días muestran claramente que el CSN no tiene ninguna credi-

bilidad frente a quienes sostienen opiniones extremistas o, al menos, extremadas. Lamentamos no poder ofrecer los vídeos de los informativos de televisión para analizar entre todos las caras y los gestos de los presentadores dando noticias del tipo: “el accidente de Acerinox, del que nos enteramos por las mediciones hechas en Francia, ha sido calificado por las organizaciones ecologistas como el tercero en importancia de la historia nuclear española. El Consejo de Seguridad Nuclear, por supuesto, lo niega”.

Seguramente, con este asunto el CSN hizo el mayor ejercicio de transparencia informativa de su historia: 14 notas de prensa, atención telefónica a más de 500 llamadas de medios nacionales, regionales y extranjeros; más de 50 entrevistas de los técnicos y responsables del CSN en prensa, radio y televisión; ruedas de prensa en Los Barrios, Sevilla, Madrid y Fregenal de la Sierra (Badajoz); comparecencia del presidente en el Parlamento, a petición propia, y envío de un informe de 150 páginas a las instituciones, empresas, políticos y, por supuesto, medios de comunicación, con su correspondiente resumen.

Otra cosa es que lo que había que contar seguramente no era lo que se esperaba oír. Lo cierto es que a pesar del esfuerzo de información no conseguimos que nadie nos quitara el sambenito de “no haber informado”: fuimos motivo de editoriales de *El Mundo*, *ABC*, *El País*, *La Vanguardia*, *Cinco Días*, *Hoy*, *La Voz de Galicia*, *El Correo de Andalucía* y otros muchos, que nos dedicaron títulos tan cariñosos como “Nube de bochorno”, “Sin excusas” u “Opacidad nuclear”. Hasta Antonio Gala nos dedicó su *tronera* de *El Mundo* para afirmar: “En qué manos estamos” (figura 1). E incluso muchos días después de la primera avalancha, cuando las cosas parecían más calmadas, salió un informe francés hecho por una entidad cercana a una organización ecologista que decía lo que llevá-

bamos 15 días explicando desde el CSN: que las cenizas de Acerinox tenían contaminación radiactiva y que debían ser tratadas como residuos radiactivos. Al día siguiente *La Vanguardia* nos acusó en portada y en el editorial de haber ocultado una información que ellos mismos habían publicado 15 días antes (figura 2).

– *Hay palabras que tienen más fuerza que mil explicaciones.*

En nuestro caso, fue la palabra *reconocer* la que nos sentenció. Como hemos relatado, el CSN “ocultó durante 18 días la información”. Es decir, todo el mundo habló de que el CSN lo “reconocía” dos semanas más tarde, y esa palabra, reconocer, fue el inicio del largo episodio que hemos relatado. Se supone que para reconocer algo hay que conocerlo de antemano, cosa que no era nuestro caso, pero nadie nos creyó.

– *Cuanto más especializado es un asunto informativo, más difícil resulta que la institución de referencia salga airosa.*

En un asunto como el de la energía nuclear y la radiactividad, en el que hay pocos interlocutores, se asume que la versión oficial de las cosas nunca será verdaderamente independiente, creíble, completa o transparente. Muchas veces, el periodista deja de ser un simple informador para traslucir una opinión, aunque sea simplemente a través de los testimonios que recoge en su información, muchas veces no contrastados porque asume que la versión oficial va a ser “la de siempre”. Según un análisis de la imagen del CSN realizado a través de las noticias que se publicaron en prensa escrita relativas a cinco sucesos relacionados con el organismo (accidente de Vandellós I, accidente del acelerador de partículas de Zaragoza, grietas en la central de Zorita, problemas de diseño en la central de Trillo e impacto de Almaraz en la salud de la población), el 25% de las informaciones contenía valoraciones críticas.

Por otra parte, al tratarse de asuntos espinosos y desagradables, la existencia de una institución que lleve en su frente la palabra *nuclear* resulta muy apropiada a la hora de reclamar responsabilidades, propias y ajenas. Y a esto ayudan mucho los políticos, a los que les suele gustar que haya otros que se ocupen de un tema como este. Citaremos un ejemplo muy reciente: en unas declaraciones a la agencia Europa Press, un alto cargo del Ministerio de Medio Ambiente afirmó hace unos días que los residuos radiactivos de alta actividad son “unas necesidades que ahora tiene el CSN, que es el que tiene las responsabilidades a este respecto”. Por supuesto, le recordó al periodista que el CSN no está adscrito a su ministerio, aunque se olvidó de decir que el CSN no genera los residuos ni los gestiona y que la solución a este tema está pendiente de las conclusiones del Senado y de la iniciativa del Gobierno.

– *La historia no perdona.*

En asuntos de medio ambiente, y suponemos que en otros también,

cuando una institución se gana algún calificativo es difícil que llegue a quitárselo de encima. El CSN está asociado al oscurantismo y el epíteto vale sea cual sea el caso o la actuación. En el asunto de Acerinox podríamos contar a docenas las frases que se escribieron comenzando de la siguiente forma: “una vez más, el Consejo de Seguridad Nuclear ha hecho gala de su oscurantismo...”

Pese a todo, nosotros no tiramos la toalla y trabajamos cada día para intentar cambiar la memoria histórica. Creemos que los calificativos se ganan a pulso y que para combatir uno como el de oscurantista hace falta cambiar de mentalidad y darse cuenta de que el trabajo técnico no sólo tiene que ser bueno sino además parecerlo.

► ► ►

Recientemente han comparecido en el juzgado de Algeciras distintos responsables de Acerinox e inspectores del CSN porque una organización ecologista presentó una denuncia contra la empresa por delito ecológico. No sabemos

si Acerinox será culpable o no de delito contra el medio ambiente. Los jueces se encargarán de decirlo. Lo que sí sabemos es que si Acerinox se lo hubiera contado al CSN en cuanto tuvo la primera sospecha se habrían evitado muchos problemas, como la contaminación de dos plantas industriales y el incremento del volumen de residuos. También se hubiera evitado la *nube mediática* y nosotros hoy hubiéramos hablado de otra cosa. Pero así se escribe la historia, y aunque la realidad fue que España resultó víctima de la negligencia de otros (otros responsables, en otro país, descontrolaron una fuente radiactiva que acabó en un horno de Algeciras), la cuestión pasará como una chupaza de un país que algunos no dudan en tachar de república bananera si ello contribuye a sus nobles fines medioambientales. Esperamos que la nuestra nos les haya parecido la historia de un lamento, sino, más bien, la de un asombro que hemos querido compartir para aprender las lecciones que de ella se deriven. 

Noticias

- Consejo de Seguridad Nuclear 40
- Principales acuerdos del Pleno del CSN..... 41
- Centrales nucleares..... 42
- Información general 45
- Protección radiológica y medio ambiente 46
- Publicaciones..... 46

● CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Inauguración del centro de información del CSN

El día 20 de octubre se inauguró oficialmente el centro de información del Consejo de Seguridad Nuclear, en un acto presidido por el ministro de Industria y Energía, Josep Piqué, y el presidente del CSN. Asistieron también representantes de los distintos organismos con los que el CSN tiene relación institucional, entre ellos, Eugenio Nasarre, secretario general de Educación y Formación Profesional; José Polledo, director general de Salud Pública; Dolores Carrillo, directora general de Calidad y Evaluación Ambiental; Félix Ynduráin, director general del Ciemat; Carmen Becerril, directora del gabinete del secretario de Estado de la Energía y los Recursos Minerales; y, representando al Parlamento, Javier Gómez Darmendrail, vicepresidente primero de la Comisión de Industria, Energía y Turismo del Congreso de los Diputados, además de otros invitados. La presentación corrió a cargo de Manuel Toharia, autor del proyecto de contenidos del centro.

En sucesivas recepciones han visitado también el centro otras personalidades. En la tarde del mismo día 20 lo hicieron diversos representantes de la Comisión de Industria, Comercio y Turismo del Senado, encabezados por su presidente, Victorino Núñez, al que acompañaron José Luis Alegre, José Fernández Chacón, Antonio Franco, Carmelo Artiles, Ricardo Bueno y Álvaro Someso. El 28 de octubre visitaron el centro representantes del sector eléctrico, entre los que se encontraban José María Amusátegui, Pedro Rivero, Íñigo de Oriol, Rodolfo Martín Villa, Victoriano Reinoso, Martín González del Valle, Miguel Ángel Fernández Ordóñez y Antonio Colino, entre otros; el 12 de noviembre asistió la comisión directiva de la Asociación de Municipios afectados por Centrales Nucleares (AMAC); el 24 de noviembre los representantes de las empresas técnicas, ingenierías y centrales nucleares, y, por último, el 1 de diciembre, distintos profesores de universidad en materias relacionadas con las competencias del CSN.

Además de estas visitas institucionales, el centro de información abrió sus puertas a los colegios el día 13 de octubre. Durante los dos primeros trimestres del curso escolar está previsto recibir un grupo diario de estudiantes y dos grupos en el tercer trimestre, por lo que el número total de estudiantes en este año escolar será de 6.000.



Presentación del centro a Josep Piqué, ministro de Industria, y a otras autoridades.



Representantes de la Comisión de Industria del Senado en el centro de información, el día de su inauguración.



Representantes de las empresas eléctricas, durante su visita al centro de información del CSN.

PRINCIPALES ACUERDOS DEL PLENO DEL CSN

Los acuerdos específicos de cada central nuclear se resumen en el apartado de centrales nucleares (página 42)

Autorización de fabricación del contenedor de doble propósito

En su reunión del pasado 15 de julio, el CSN informó favorablemente la autorización de fabricación del contenedor de doble propósito (almacenamiento y transporte de combustible irradiado), cuyo diseño había sido aprobado previamente. La fabricación la llevará a cabo la empresa española Equipos Nucleares SA.

Planes de actuación de Acerinox, Egmasa y Presur

El CSN apreció favorablemente los planes de actuación presentados por las empresas Acerinox, Egmasa y Presur para la descontaminación radiactiva y gestión de residuos radiactivos de sus respectivas plantas, que resultaron contaminadas como consecuencia de la fusión de una fuente de cesio-137. Asimismo, el CSN informó favora-

blemente la modificación del Permiso de Explotación Provisional del centro de almacenamiento de residuos radiactivos de Sierra Albarrana, El Cabril, para permitir el almacenamiento de los residuos generados como consecuencia del citado suceso.

Nuevo modelo del sistema de inspección del CSN

En su reunión del día 25 de septiembre, el CSN aprobó un modelo para el sistema de inspección del organismo, que establece un sistema único de inspección para todas las actividades e instalaciones, un documento de inspección único y normalizado, y criterios metodológicos homogéneos y uniformes para las distintas inspecciones.

El modelo será implantado en dos fases de un año de duración cada una. En la primera, se realizarán los desarrollos necesarios (procedimientos, adquisición de equipos y programas informáticos) para el funcionamiento del sistema; en la segunda, se completará la implantación y aplicación

del modelo. Asimismo, se fomentará la actualización de la formación de los inspectores mediante el intercambio de experiencias con expertos de organismos reguladores de otros países.

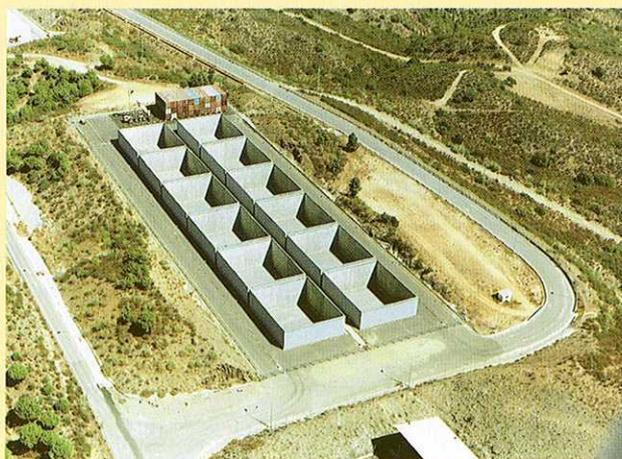
Agilización del proceso de licenciamiento

Con el fin de agilizar las actuaciones en el proceso de licenciamiento, el Pleno del CSN ha adoptado diversas decisiones que permitirán acortar los plazos, sin detrimento del control de la seguridad de funcionamiento de las instalaciones. Entre otras acciones, se ha decidido emitir el informe preceptivo a las autoridades ejecutivas en materia de industria antes de la inspección de puesta en marcha, lo que permitirá a los titulares la adquisición y montaje de los equipos, pero no el inicio del funcionamiento de la instalación. Si la inspección posterior es satisfactoria desde el punto de vista de la seguridad, será posible el inicio del funcionamiento de la instalación sin mayor demora.

Informe sobre el incidente de Acerinox

Tras la comparecencia del presidente del CSN el 30 de junio ante la Comisión de Industria, Energía y Turismo del Congreso de los Diputados para informar sobre el incidente ocurrido el 30 de mayo en las instalaciones de Acerinox en Los Barrios (Cádiz), durante el mes de julio se terminó el informe final del CSN sobre el mismo, que fue presentado públicamente el 24 de julio. El 27 de julio se celebró una reunión en Sevilla entre representantes del CSN, el consejero de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y alcaldes de las zonas afectadas por el caso, para dar a conocer el contenido del informe, y, posteriormente, otra reunión con la corporación municipal de Fregenal de la Sierra (Badajoz), con el mismo propósito.

Por otra parte, el CSN ha preparado una propuesta de regulación de las empresas involucradas en la gestión y recuperación de chatarras. El texto está siendo revisado en reuniones conjuntas del Ministerio de Industria y Energía y el CSN con los sectores afectados, con el objetivo de obte-



Residuos de Acerinox, descargados junto a la plataforma sur del centro de almacenamiento de El Cabril.

ner, con el mayor grado de consenso posible, un texto definitivo antes de finalizar 1998.

CENTRALES NUCLEARES

La información relativa a las centrales nucleares se refiere a los meses de julio, agosto y septiembre de 1998.

José Cabrera

La central operó durante el trimestre sin incidencias destacables.

El CSN realizó tres inspecciones.

Santa María de Garoña

La central operó durante el trimestre sin incidencias destacables.

El CSN no realizó ninguna inspección a la central durante los meses indicados.

Almaraz

La central operó durante el trimestre sin incidencias destacables.

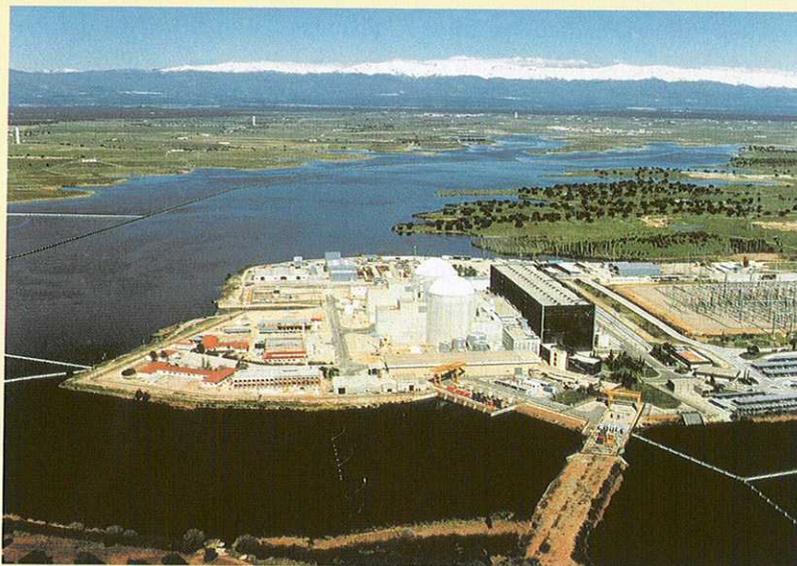
El CSN ha analizado el cumplimiento de las instrucciones complementarias para la operación del ciclo 13 de la unidad I. Dichas instrucciones se debieron a que los valores de espesor de la capa de corrosión de las vainas de combustible, encontrados en campañas de medida realizadas en la central, habían resultado superiores a los previstos en el diseño del combustible. Como conclusión, se consideró aceptable que ambas unidades de la central alcanzasen la duración prevista de sus respectivos ciclos de operación. Se ha remitido al titular un escrito indicando las acciones que se considera necesario realizar en los próximos ciclos en relación con la determinación del espesor de la capa de corrosión de los elementos de combustible.

El CSN realizó en el trimestre cinco inspecciones a la central.

Ascó

La unidad I operó durante el trimestre sin incidencias destacables.

El CSN ha informado favorablemente la aprobación de la propuesta de revisión número 26 del Estudio Final de Seguridad de la



Central nuclear de Almaraz.

unidad II, en la que fundamentalmente se incorporaban cambios debidos a modificaciones de diseño implantadas durante la parada para recarga de 1996.

El CSN ha informado favorablemente la aprobación de las propuestas de revisión de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento números 55 y 56 de las unidades I y II, respectivamente. Los cambios más importantes incluidos en la propuesta se refieren a la modificación de la frecuencia de realización de las pruebas de válvulas de turbina y de movimiento de barras de control, a la adaptación del capítulo de normas administrativas a la nueva organización del titular y al diseño de la recarga para el ciclo 14 de la unidad I, en el que se introdujo combustible con vainas de zirco.

La recarga de la unidad I de la central tuvo lugar entre los días 12 de septiembre y 6 de octubre. Durante la descarga de elementos de combustible se encontraron dificultades en la extracción de algunos de ellos. La inspección de los elementos afectados reveló que se había producido la separación de las piezas que fijan los resortes a la tobera superior del ele-

mento. Investigaciones posteriores revelaron que el problema se debía a un excesivo par de apriete de los tornillos de Inconel 600 que fijan estas piezas, posiblemente unido a un fenómeno de corrosión intergranular bajo tensiones en tornillos procedentes de algunas coladas de material que presentaban sensibilización. Posteriormente, se encontró que el fenómeno afectaba también a algunos elementos insertados en el núcleo de la unidad II, que se encontraba en operación. El titular modificó los pares de apriete de todos los tornillos de los elementos nuevos que se introdujeron para el siguiente ciclo de operación de la unidad I, sustituyendo, además, los cabezales de 28 elementos que ya habían formado parte del núcleo en anteriores ciclos y que iban a ser reinsertados. Para la unidad II, el titular presentó una justificación de que este problema no afectaba negativamente a la seguridad durante la operación. El resto de centrales españolas potencialmente afectadas por este problema (Almaraz y Vandellós II) han realizado acciones análogas a las de Ascó.

El CSN realizó en el trimestre tres inspecciones a la central.

Cofrentes

El CSN informó favorablemente la aprobación de una propuesta de revisión de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento en la que se incorporaban fundamentalmente diversos cambios en instrumentación, se adecuaba el capítulo de normas administrativas a la nueva organización de la central y se clarificaban los medios de comunicación de incidentes operativos. Por otra parte, la propuesta incluía la adaptación de la prueba de arranque de los generadores diesel a la propuesta genérica realizada por el sector —previamente aceptada por el CSN— y la modificación de las condiciones de realización de las pruebas de las válvulas del sistema automático de despresurización. Asimismo, se eliminan del documento algunos centros de control de motores que, tras las modificaciones introducidas en la central, no alimentan cargas de seguridad.

El día 24 de septiembre, durante la realización de las pruebas de válvulas de control de turbina, con la central al 80% de potencia, se encontró que una de estas válvulas no respondía a la señal de cierre

rápido y no se generaba la señal de inserción de barras de control en el correspondiente subcanal del sistema de protección del reactor. En aplicación de las Especificaciones de Funcionamiento se inició una reducción de potencia hasta el 35%. La causa del fallo de la válvula fue la desconexión de un cable en una válvula de solenoide encargada de producir el cierre rápido de la válvula de control. Una vez reparada la conexión, se repitieron las pruebas, con resultado satisfactorio, se aumentó la potencia y continuó la operación de la central.

El CSN realizó dos inspecciones a la central en el trimestre.

Vandellós II

La central operó durante el trimestre sin incidencias destacables.

El CSN informó favorablemente la aprobación de una solicitud de exención a las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento para posponer, a julio de 1999, la realización de la comprobación de los tendones del sistema de pretensado de la contención y la inspección del anclaje de los mismos. Ambas actividades debían realizarse en julio

de 1998. La solicitud del titular estaba motivada por la adquisición de nuevos equipos para realizar la prueba de los tendones.

El CSN ha propuesto al Ministerio de Industria y Energía la apertura de un expediente sancionador a Vandellós II por incumplimiento del Reglamento de Funcionamiento y Manual de Garantía de Calidad debido a las irregularidades encontradas en la aplicación de los procedimientos técnicos de pruebas nucleares a potencia cero durante el arranque del ciclo 10 de operación. En esta propuesta se incluye, además, un incumplimiento de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento debido al incorrecto ajuste de los puntos de tarado de las válvulas de alivio del presionador pertenecientes al sistema de protección contra sobrepresiones en frío.

El CSN realizó en el trimestre tres inspecciones a la central.

Trillo

La central ha operado durante el trimestre sin incidencias destacables.

El CSN ha informado favorablemente la aprobación de una propuesta del Reglamento de Funcionamiento en la que fundamentalmente se introducen cambios en la composición del Comité de Seguridad Nuclear del explotador, se adecúa la estructura de la organización a la ley de prevención de riesgos laborales y se adapta el apartado de informes a remitir al CSN sobre la explotación de la central a la *Guía 1.7* del CSN.

El CSN realizó en el trimestre cinco inspecciones a la central.

Vandellós I

Durante el trimestre se han desarrollado las actividades previstas en el Plan de Desmantelamiento y Clausura, sin incidencias destacables.

El CSN ha realizado en el trimestre tres inspecciones a la central.



Central nuclear Vandellós I.

Remisión de informes a la Comisión de Industria del Congreso

Durante los pasados meses, el CSN remitió al Congreso de los Diputados los informes correspondientes a diversas resoluciones de la Comisión de Industria, Energía y Turismo. Los informes están referidos a la implantación de modificaciones en el sistema de ventilación del edificio de emergencia de la central nuclear de Trillo; previsiones de las centrales nucleares relativas al aumento de potencia y medidas que el CSN adoptará para comprobar que se garanticen todas las condiciones exigibles en materia de seguridad; medidas adoptadas en Juzbado para mejorar el control sobre el material nuclear; y programas de inspección previstos para las soldaduras del barrilete de Santa María de Garoña.

Convenio de colaboración con el Ministerio de Educación

El pasado 31 de julio se firmó un convenio de colaboración entre el Ministerio de Educación y Cultura y el CSN, dirigido a la formación del profesorado, a la información a los alumnos en materia de seguridad nuclear y protección radiológica, y a la elaboración de material didáctico. Para conseguir este objetivo, se crea una comisión mixta, integrada por tres miembros de cada organismo, que propondrá las actividades a realizar y efectuará el seguimiento de las mismas.

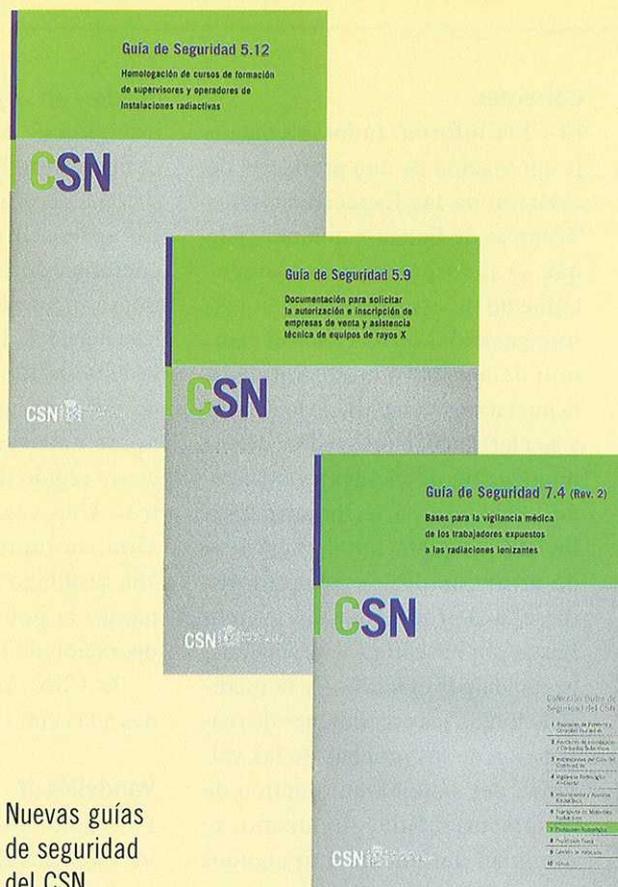
Reunión de la Asociación Internacional de Reguladores Nucleares (INRA)

Los días 30 y 31 de julio se celebró en Washington, en la sede de la NRC, la reunión del INRA, que contó con la participación del presidente del CSN. En ella se completaron las presentaciones de los países miembros sobre sus organismos reguladores, entre ellos el CSN, y se discutió sobre los elementos comunes en las prácticas de cada organización. Se revisó, igualmente, el borrador de plan estratégico propuesto por la AEN, la cooperación con otros organismos y las próximas actividades relacionadas con la Convención de Seguridad Nuclear.

Nuevas guías de seguridad del CSN

El CSN ha aprobado durante los últimos meses las siguientes guías de seguridad:

- 1.11. *Modificaciones de diseño en centrales nucleares.*
- 5.9. *Documentación para solicitar la autorización e inscripción de empresas de venta y asistencia técnica de equipos de rayos X.*
- 5.12. *Homologación de cursos de adiestramiento para las personas que dirijan u operen instalaciones de rayos X.*
- 5.13. *Homologación de cursos de adiestramiento de supervisores y operadores de instalaciones radiactivas.*
- 7.3. *Bases para el establecimiento de los servicios y unidades técnicas de protección radiológica.*
- 7.4. *Bases para la vigilancia médica de los trabajadores profesionalmente expuestos a las radiaciones ionizantes.*
- 10.9. *Garantía de calidad de las aplicaciones informáticas relacionadas con la seguridad de las instalaciones nucleares.*



Nuevas guías de seguridad del CSN.

De ellas, la guía 7.4 es una revisión del documento existente, y la guía 1.11, por su complejidad, se ha aprobado con carácter preliminar, de forma que su texto se revisará dentro de un año, a la vista de la experiencia derivada de su aplicación.

Finalizado el plan piloto de mejora de la calidad

En el segundo semestre de 1997 el CSN puso en marcha el plan piloto de mejora de la calidad para analizar la aplicación de las técnicas de mejora continua e iniciar un proceso de familiarización de la organización con estas técnicas. Una vez finalizado, se ha comprobado que ha cumplido plenamente sus objetivos en las cuatro fases previstas.

Para su ejecución se crearon tres grupos de trabajo, formados por personal del CSN, cada uno de los cuales acometió un proyecto: mejora del proceso de inspección de las centrales nucleares; mejora del proceso de autorización de instalaciones radiactivas industriales, y mejora de un servicio interno. Su trabajo ha consistido en el análisis de los procesos, la definición y medida de indicadores, la propuesta de acciones de mejora y la comprobación de su eficacia. Con ello, se ha conseguido reducir los tiempos de tramitación de actas de inspección y de autorización de instalaciones radiactivas industriales, así como una mejora en la gestión interna del proceso elegido.

Tras el plan piloto, se ha comenzado a trabajar en la consolidación de las mejoras y se han iniciado otros proyectos para avanzar en la mejora continua como concepto de gestión del CSN.

Firma de acuerdos bilaterales

El CSN continúa con su objetivo de mantener acuerdos bilaterales de cooperación con las autoridades reguladoras con más experiencia y las de áreas geográficas de interés institucional para el organismo. En este sentido, se han firmado acuerdos con los organismos reguladores de Canadá (AECB) y Suecia (SKI), con ocasión de la Conferencia General del OIEA, celebrada el mes de septiembre.



Firma del acuerdo bilateral entre el CSN y SKI.

► INFORMACIÓN GENERAL

42 Conferencia General del OIEA

Entre el 21 y el 25 de septiembre se celebró la 42 Conferencia General del OIEA. La delegación española, encabezada por el embajador español ante este organismo, estuvo formada por representantes del Ministerio de Industria y Energía, del Ministerio de Asuntos Exteriores y una delegación del CSN.

Entre las actividades llevadas a cabo por los representantes españoles durante la conferencia destacan las reuniones celebradas con el director general del OIEA y el director general adjunto de Seguridad Nuclear y Protección Radiológica del organismo; las reuniones bilaterales con el inspectorado NII (Reino Unido), el organismo regulador finlandés (STUK), el ministro de Medio Ambiente y presidente de la autoridad reguladora de Ucrania y el nuevo director general del NNSA (China); la reunión informal con los miembros del Foro de Reguladores Iberoamericanos y la reunión con los funcionarios españoles del OIEA en el Departamento de Seguridad Nuclear, Protección Radiológica y Residuos.

Informe de cumplimiento de la Convención de Seguridad Nuclear

A finales del mes de septiembre, España entregó al Organismo Internacional de Energía Atómica el primer informe nacional sobre el cumplimiento de las obligaciones de la Convención de Seguridad Nuclear, ratificada por nuestro

país en 1995 y que entró en vigor en octubre de 1996. El informe está disponible en versión española e inglesa en la página web del CSN (www.csn.es).

Del 29 de septiembre al 2 de octubre se celebró en la sede del OIEA en Viena la reunión organizativa de la convención, en la que se adoptaron las decisiones necesarias para la primera reunión de examen que se celebrará en abril de 1999. Se aprobó la formación de seis grupos para realizar la revisión de los informes nacionales. El grupo que correspondió a España fue el 3, que incluye al Reino Unido, República Checa, Sudáfrica, Rumania, Bangladesh, Letonia y Portugal.

Conferencia internacional sobre seguridad de las fuentes y materiales radiactivos

Organizada por la OIEA con la colaboración de la Comisión Europea, Interpol y la Organización Mundial de Aduanas, tuvo lugar en Dijon (Francia), entre los días 14 y 18 de septiembre, la Conferencia Internacional sobre Seguridad de las Fuentes de Irradiación y de Materiales Radiactivos, con el objetivo de fomentar el intercambio de información sobre los aspectos administrativos, técnicos y de gestión que se precisan para dicha seguridad, con especial énfasis en el uso no autorizado, el movimiento y el consiguiente tráfico ilegal de estos materiales.

Las jornadas estaban dirigidas a un amplio espectro de expertos, autoridades nacionales de control, protección del medio ambiente, aduanas, policía y otros agentes de seguridad, así como a los encargados del control del transporte, diseñadores, fabricantes, usuarios, autoridades ministeriales y responsables políticos.

La organización invitó expresamente al CSN a exponer, en la sesión de apertura, las características del incidente radiológico ocurrido en Acerinox. El consejero del CSN José Ángel Azuara expuso los hechos ocurridos, las consecuencias y las soluciones adoptadas para la descontaminación de las plantas afectadas y la gestión de los residuos. Asimismo, propuso un control eficaz de las fuentes y materiales radiactivos, vigilancia de fronteras y transportes de materiales para chatarras, e instó a la comunidad internacional a una mayor atención para localizar precozmente la posible existencia de dichos materiales en el desmantelamiento de fábricas y empresas y a la realización de un esfuerzo de formación entre todos aquellos que estén relacionados con su uso. La organización expresó su satisfacción por la rápida respuesta de las autoridades españolas y acogió con interés las propuestas presentadas.

Decreto sobre consejeros de seguridad para el transporte de mercancías peligrosas

De acuerdo con la Directiva europea 96/35/CE de 3 de junio de 1996, se encuentra en fase final de revisión por el Ministerio de Fomento un real decreto, cuya publicación se espera para principios de 1999, que establecerá la obligación por parte de las empresas que efectúen operaciones de carga, transporte o descarga de mercancías peligrosas (incluidas las radiactivas) por carretera, ferrocarril o vía nave-

gable no marítima, de designar un consejero de seguridad encargado de la prevención de los riesgos que implican dichas actividades, antes del 31 de diciembre de 1999. El decreto afectará a aquellas empresas que lleven a cabo transportes en el ámbito de la clase 7, es decir, de materia radiactiva, y definirá las funciones del consejero, así como los requisitos que deberá cumplir, el examen que deberá superar y los conocimientos mínimos exigibles.

Los consejeros deberán asesorar a las empresas en todo lo relativo al transporte de los materiales y elaborarán para ellas un informe periódico sobre el desarrollo de la actividad durante ese tiempo y otro sobre los accidentes que se hayan producido. Cada empresa será responsable de trasladar esos informes a la Administración.

Nueva reglamentación sobre transporte de mercancías peligrosas

El BOE nº 248, del 16 de octubre de 1998 publicó el Real Decreto 2115/98 sobre transporte de mercancías peligrosas por carretera, que deroga el anterior reglamento TPC (Reglamento Nacional del Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera), extendiendo la aplicación al transporte interno del Acuerdo Europeo (ADR) sobre dicha materia. No obstante, se mantienen algunas diferencias para casos particulares y se incorporan normas sobre certificación e inspección de medios de transporte y embalajes que no están incluidas en el ADR.

En la misma línea, el BOE nº 262, de 2 de noviembre de 1998, publicó el Real Decreto 2225/98 sobre dicho transporte por ferrocarril, derogando el reglamento anterior y extendiendo la aplicación al transporte interno contemplado por el reglamento internacional RID (Reglamento Internacional de Mercancías Peligrosas por Ferrocarril).

Ambos decretos remiten al cumplimiento de las directivas de la Unión Europea destinadas a aproximar las legislaciones de los Estados miembros en estas materias.

► PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y MEDIO AMBIENTE

La EPA publica los coeficientes de riesgo de cáncer de un centenar de radionucleidos

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos publicó, a principios de 1998, la primera parte de su guía federal 13 (*FG-13*), sobre riesgos para la salud por exposición a radionucleidos, que recoge los factores de riesgo cancerígeno de un centenar de radionucleidos empleados en estudios de estimación de riesgo.

Esta guía viene a complementar la información contenida en la *FG-12*, de 1993, sobre coeficientes de dosis por irradiación externa procedente de radionucleidos presentes en agua, aire y suelo, y en la *FG-11*, también de 1998, donde figuran los coeficientes de dosis por contaminación interna de miembros del público, así como las concentraciones de actividad por inhalación o ingestión para trabajadores profesionalmente expuestos.

La guía está basada en los actuales estudios epidemio-

lógicos y en los modelos biocinéticos y de proyección, aplicando un modelo de dosis-respuesta lineal sin umbral. Su empleo por debajo de determinados valores de dosis podría, sin embargo, llevar a resultados incoherentes.

Establecimiento de dosis profesional por tarea en tiempo real

Norman L. McElvoy, de la Health Physics Division, perteneciente a la Universidad de California en Stanford, ha llevado a cabo un estudio en la instalación de Tomografía por Emisión de Positrones (PET) de dicho centro, en el que, mediante una ingeniosa combinación de sistemas de detección, audición y registro se detallan de forma pormenorizada las dosis asociadas a cada una de las fases del trabajo, desde la finalización del proceso radioquímico hasta la administración del radiofármaco y el seguimiento del paciente. Esta metodología podría aplicarse a cualquier tipo de actividad, con las únicas limitaciones que imponga el dosímetro electrónico empleado.

► PUBLICACIONES

Nuclear energy data

OCDE. París, 1998.

Esta publicación, que contiene las estadísticas oficiales y amplia información sobre los planes de los países miembros de la Agencia de Energía Nuclear, indica que la generación de energía de origen nuclear en dichos países continuará aumentando a un ritmo del 0,9% anual hasta el año 2010. Pese a ello, dado que la demanda de electricidad aumentará anualmente a un ritmo del 1,7%, incluso más allá del 2000, la participación de las plantas nucleares en la producción total de electricidad, que fue del 24,3% en 1997, pasará a suponer el 22% en el 2010.

Radiative waste management in OECD member countries

OCDE. París, 1998.

Se presenta en esta obra una información estandarizada en ficheros para el público general, describiendo los programas de gestión de residuos radiactivos de 17 países miembros de la OCDE/AEN, entre ellos España, e incluye una descripción del papel que en este tema tienen la cooperación internacional, los hallazgos más recientes en el sector y la opinión congregada de los países miembros.

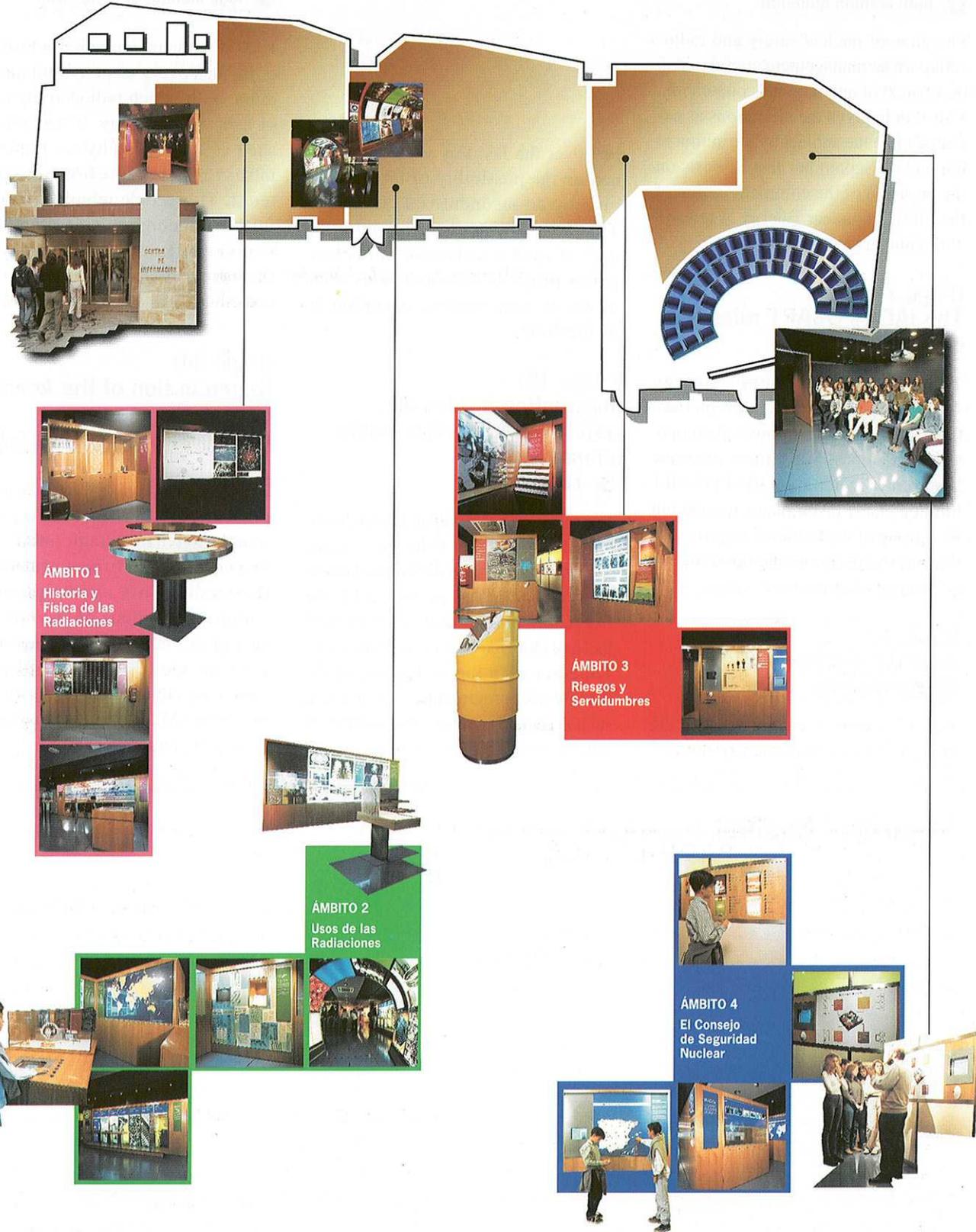
Nuclear power and climate change

OCDE. París, 1998.

Se recoge aquí un reciente estudio realizado por la Agencia de Energía Nuclear cuyas conclusiones afirman que la energía nuclear podría jugar un papel importante en el alivio del riesgo de cambio climático, mediante la reducción de las emisiones de algunos gases responsables del efecto invernadero, por lo que recomienda a gobiernos e industrias del sector la adopción de medidas para mantener abierta la opción nuclear de cara a esa particular contribución. ☺



Centro de Información del CSN



ÁMBITO 1
Historia y Física de las Radiaciones

ÁMBITO 2
Usos de las Radiaciones

ÁMBITO 3
Riesgos y Servidumbres

ÁMBITO 4
El Consejo de Seguridad Nuclear

El centro de información del CSN pretende, a través de 29 módulos interactivos distribuidos en cuatro ámbitos, acercar a los jóvenes al conocimiento de las radiaciones y sus usos, y explicar los mecanismos establecidos para controlar sus riesgos.

Resúmenes

(Page 2)

Aims behind international cooperation in nuclear safety and waste management

 **Juan Manuel Kindelán**

The aims of nuclear safety and radioactive waste management are framed in the context of international cooperation. This article gives the reflections as expounded on the subject by the author at the end of September last in Paris on the occasion of the commemoration of the OECD Nuclear Energy Agency's 40th anniversary.

(Page 7)

The IAEA's OSART missions

 **Isabel Mellado**

The International Atomic Energy Agency set up a programme in 1983 for reviewing nuclear power plant operation practices. Since then, over one hundred of what are called OSART missions have taken place, carried out by a group of international experts with the purpose of promoting on-going development of operational safety.

(Page 13)

A virtual nuclear world?

 **Ricardo Salve**

The way in which virtual reality technology has so dramatically developed

over the last few years has opened up the possibility of its application to various industrial processes. This article describes the possible uses of such a technique in nuclear power plants in various phases such as design, construction, operation or dismantling.

(Page 18)

International rules on safety in radioactive waste management

 **Eugenio Gil**

The international political commitment for safely managing radioactive waste has materialized with the most recent of the conventions as promoted by the IAEA, the convention on safety in spent fuel and radioactive waste management. Together with the collection of the RADWASS programme's safety rules, such convention shapes the regulatory scheme governing such activity.

(Page 28)

One hundred years since the discovery of polonium and radium

 **José Manuel Sánchez Ron**

1998 was the one hundredth birthday of the discovery of polonium and radium, with which radioactivity came of age, that is to say, it was established as a field of physics (and chemistry) research of extraordinary interest. This article rebuilds the main features leading to the finding of the two new elements and the work of the researchers who made such a contribution to science possible.

(Page 34)

Repercussion of the Acerinox case in the media

 **Fátima Rojas and Antonio Calvo**

The incident occurring in the Acerinox plant in Los Barrios (Cádiz) some months ago had a major public reaction and was widely commented on in the media. This article gives the authors' reflections on the repercussion of this case from the journalistic point of view, as presented in the course on environmental information held at the Madrid Polytechnical University in September last.

Seguridad Nuclear Boletín de suscripción

Institución/Empresa

Nombre

Tel.

Fax

Dirección

CP

Localidad

Provincia

Fecha

Firma

Enviar a Consejo de Seguridad Nuclear, Servicio de Publicaciones. c/ Justo Dorado, 11. 28040 Madrid. Número de fax: 91 346 05 58.