

Revista del CSN / Número 38  
I Trimestre 2006

# Seguridad Nuclear



**La armonización de la seguridad  
de los reactores nucleares en Europa**

**Definir la estrategia  
de la actividad nuclear**

**Aplicaciones de los radioisótopos  
y evolución de las técnicas**

**La Comisión Reguladora Nuclear  
de Estados Unidos, USNRC**

**Seguridad Nuclear**

Revista del CSN  
Año X / Número 38  
I Trimestre 2006

**Directora**

María-Teresa Estevan Bolea

**Comité de redacción**

José Ángel Azuara Solís  
Julio Barceló Vernet  
Antonio Luis Iglesias Martín  
Carmen Martínez Ten  
Ana Villuendas Adé

**Consejo de****Seguridad Nuclear**

Pedro Justo Dorado  
Dellmans, 11  
28040 Madrid  
Tel.: 91 346 04 25  
Fax: 91 346 05 58  
www.csn.es

**Coordinación editorial**

Senda Editorial, S.A.  
Isla de Saipán, 47  
28035 Madrid  
Tel.: 91 373 47 50  
Fax: 91 316 91 77

**Impresión**

Grafistaff, S.L.  
Avenida del Jarama, 24  
Polígono Industrial  
de Coslada  
28820 Coslada (Madrid)  
Tels.: 91 673 77 14  
91 673 77 97  
Fax: 91 669 11 37

**ISSN:** 1136-7806

**D. Legal:** M-31281-1996

**Portada:** Europa.

Las opiniones y conceptos recogidos en esta publicación son responsabilidad exclusiva de sus autores, sin que la revista *Seguridad Nuclear* las comparta necesariamente.

1

**Editorial****Artículos técnicos**

La armonización de la seguridad de los reactores nucleares en Europa

☛ **María-Teresa Estevan Bolea**

2

11

Definir la estrategia de la actividad nuclear

☛ **Raúl Racana**

23

Aplicaciones de los radioisótopos y evolución de las técnicas

☛ **Carmen Rueda**

36

**Artículos divulgativos**

La Red de Estaciones Automáticas (REA)

**Los organismos reguladores nucleares en el mundo**

La Comisión Reguladora Nuclear de Estados Unidos (*United States Nuclear Regulatory Commission, USNRC*)

42

**Actualidad**

Centrales nucleares / Acuerdos del Consejo / Instalaciones del ciclo y en desmantelamiento / Instalaciones radiactivas / Actuaciones en emergencias / Asesoría jurídica

45

55

**Noticias breves**

64

**Resúmenes**

---

# Editorial

L

a Asociación de Reguladores Nucleares de Europa Occidental (WENRA) presentó en noviembre de 2005 las conclusiones del Grupo de Trabajo para la Armonización de la Seguridad de los Reactores "*Reactor Harmonization Working Group (RHWG)*". En este Grupo han participado 17 países. El trabajo se ha basado en la metodología probada en el estudio piloto desarrollado entre 2000 y 2002, ampliando los niveles de referencia de la seguridad nuclear. La presidenta del CSN expone detalladamente en este número los objetivos del trabajo y los resultados obtenidos en la armonización de los niveles de referencia legal y su implantación en centrales nucleares, referidos a España.

El presidente de la Autoridad Regulatoria Nuclear Argentina, Raúl Racana, en su artículo revisa la industria nuclear en sus distintas vertientes: de generación de energía eléctrica, de aplicaciones industriales y médicas y de sistemas de armas de destrucción masiva. Asimismo, analiza los problemas que generan estas actividades, la repercusión que tienen en los ámbitos político, tecnológico, científico y económico y el papel que en todo ello juega la Autoridad reguladora.

El último de los artículos está dedicado a las aplicaciones de los radioisótopos y la evolución de las técnicas de uso a lo largo de los años. A pesar de la gran utilización que de ellos se lleva haciendo desde hace casi 100 años, los radioisótopos, compuestos que contienen formas radiactivas de átomos, son desconocidos por la sociedad en general aun siendo esenciales para el desarrollo de técnicas o el funcionamiento de equipos permanentemente presentes en nuestra vida diaria.

Con el inicio del año damos comienzo a una nueva sección, en sustitución de la que dedicamos a las biografías de premios Nobel, en la que nos ocuparemos de los Organismos Reguladores. Conocer sus funciones, estructura y organización permitirá acercar más al público la labor de la regulación de la energía nuclear y las relaciones que con cada uno de ellos mantiene el Consejo de Seguridad Nuclear. Comenzamos con la Comisión Reguladora Nuclear de los Estados Unidos (NRC), referente español en todos los ámbitos, puesto que todas las instalaciones nucleares españolas, excepto Trillo, son de tecnología americana y durante toda la vida de las centrales se ha trabajado utilizando la normativa correspondiente al país de origen de la tecnología, en este caso, Estados Unidos.

 **María-Teresa Estevan Bolea\***

# La armonización de la seguridad de los reactores nucleares en Europa

Durante los últimos años se ha intensificado el diálogo y el trabajo común entre los máximos responsables de los organismos reguladores de los países europeos y otros, con competencias en instalaciones nucleares. El mejor exponente de ello es la armonización de los niveles de seguridad de los reactores nucleares europeos. El CSN participa de forma cada vez más intensa en tres asociaciones internacionales relevantes en la materia: INRA,

FORO IBEROAMERICANO y WENRA. Un grupo de trabajo de WENRA ha realizado un pormenorizado estudio cuyos resultados constituyen una gran aportación para la armonización de los niveles de referencia en materia de seguridad de los reactores, desde el punto de vista legal, y para su implantación en las centrales nucleares. La presidenta del CSN expone detalladamente los aspectos más relevantes de este informe final de WENRA.

## 1. Introducción

La regulación y trabajos para el control y vigilancia de la seguridad nuclear de los reactores nucleares ha sido y es, cada vez con mayor intensidad, una cuestión internacional. Además de los cambios de impresiones, el comentario de experiencias nacionales y comunes y el desarrollo conjunto de proyectos y estudios de I+D como los que se realizan en el Organismo Internacional de Energía Atómica de la ONU o en la Agencia de Energía Nuclear -NEA- de la OCDE; de los grupos de trabajo que operan en la Comisión Europea y de las relaciones bilaterales en esta materia, hay una serie de entidades que agrupan

a diversos países para abordar de forma conjunta determinadas necesidades y actuaciones en materia de seguridad nuclear, protección física y protección radiológica.

El CSN participa en las actividades y en los grupos de trabajo, tanto institucionales como técnicos, de los organismos internacionales competentes en materias relacionadas con la seguridad nuclear, radiológica y física de los materiales e instalaciones nucleares y radiológicas: Unión Europea; Organismo Internacional para la Energía Atómica de las Naciones Unidas (OIEA) y Agencia de la Energía Nuclear de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE/NEA). La participación del CSN en grupos de trabajo internacionales de

los organismos citados, es una actividad institucional primordial. Los temas tratados durante estas reuniones multilaterales permiten conocer, intercambiar y adoptar decisiones estratégicas comunes que mejoran aspectos de seguridad nuclear, protección radiológica y gestión de residuos en los países que participan en ellos.

El CSN promueve además el intercambio de prácticas con organismos similares, incluso de manera informal, fuera de los marcos multilateral y bilateral. Una de las consecuencias de este interés fue la creación de tres asociaciones internacionales: la Asociación Internacional de Reguladores Nucleares (INRA), la Asociación de Reguladores Nucleares de Europa Occidental (WENRA) y el Foro de

\* María-Teresa Estevan Bolea es la presidenta del Consejo de Seguridad Nuclear.

Reguladores Nucleares Iberoamericano (FORO).

INRA es un foro donde los máximos responsables de los organismos reguladores de ocho países pueden establecer un diálogo abierto y constructivo sobre temas de interés común, plantear nuevos retos para conocer la opinión de sus homólogos o compartir experiencias para implantar mejoras en su propia organización. Los países que actualmente conforman INRA son: Estados Unidos, Canadá, Japón, Suecia, Reino Unido, Francia, Alemania y España.

Los términos de referencia de la asociación, revisados y agrupados en la reunión que tuvo lugar en diciembre de 2004, no contemplan objetivos concretos, sino que establecen un diálogo abierto y en caso de unanimidad, expresan su parecer en temas concretos ante organismos internacionales. Los miembros de INRA se reúnen dos veces al año. En la última reunión de INRA, celebrada en París los días 23 y 24 de febrero de 2006 se debatió la posibilidad de ampliar la asociación, incorporándose en breve Corea del Sur y más adelante, invitar como observadores o participantes a China e India.

El Foro de Reguladores Nucleares Iberoamericano está constituido por Argentina, Brasil, Cuba, México y España. Se ha previsto que se incorporen los demás países hispanoamericanos y Uruguay ya ha formalizado su solicitud.

El Foro de Reguladores Nucleares Iberoamericano ha conseguido en este periodo de tiempo promocionar y consolidar a nivel internacional el desarrollo de una RED de conocimiento en seguridad nuclear y radiológica perfectamente integrada en la comunidad internacional, que responde a las necesidades nacionales en la materia y con un gran impacto en la región iberoamericana. Así mismo, están en curso de ejecución una serie de trabajos técnicos y proyectos de investigación de gran utilidad en el área iberoamericana.

WENRA (*Western European Nuclear Regulators Association*) es un foro actualmente exclusivo para los reguladores con competencias en instalaciones nucleares, no abarcando de forma específica los temas relacionados con la seguridad radiológica, presente en todos los países de la Unión Europea, Suiza, Rumania y Bulgaria.

En mayo de 2003, ante la futura entrada de 12 nuevos miembros en

“Los temas tratados durante estas reuniones multilaterales permiten conocer, intercambiar y adoptar decisiones estratégicas comunes que mejoran aspectos de seguridad nuclear, protección radiológica y gestión de residuos en los países que participan en ellos”.

la Unión, 10 en 2004 y dos más en 2006, WENRA modificó sus estatutos y dio cabida a estos nuevos países de la Unión que poseyeran instalaciones nucleares. En la actualidad WENRA está compuesta por 17 países: Alemania, Bélgica, Bulgaria, República Checa, Eslovaquia, Eslovenia, España, Finlandia, Francia, Holanda, Hungría, Italia, Gran Bretaña, Lituania, Rumanía, Suecia y Suiza. Los miembros de WENRA se reúnen también dos veces al año.

De especial significación han sido los trabajos llevados a cabo por WENRA sobre la armonización de la normativa en materia de seguridad nuclear y protección radiológica en el ámbito europeo.

WENRA se constituyó en febrero de 1999. En noviembre de ese mismo año 1999, la Asociación de Reguladores Nucleares de Europa Occidental (constituida por 10 países) creó un grupo con objeto de estimular la discusión dentro

del seno de la Asociación sobre cómo armonizar la seguridad de los reactores en los países participantes. Los objetivos eran:

- Desarrollar una comprensión compartida entre los miembros de WENRA de las diferencias significativas que pudiera haber entre los países en lo relativo a los requisitos de seguridad aplicables a reactores de distintas tecnologías y generaciones de diseño, y

- Sugerir pasos apropiados, si fueran necesarios, para avanzar hacia un enfoque armonizado de la seguridad de los reactores.

Entre 2000 y 2002 se llevó a cabo un estudio piloto con el fin de desarrollar y probar una metodología para la comparación sistemática de los requisitos nacionales correspondientes a una serie de temas relacionados con la seguridad de los reactores. Participaron nueve países en este estudio: Bélgica, Finlandia, Francia, Alemania, Italia, Países Bajos, España, Suecia y el Reino Unido. Los objetivos del estudio piloto se cumplieron y la metodología demostró ser adecuada para el propósito planteado.

WENRA decidió la creación de un grupo de trabajo con el objetivo de armonizar los aspectos reguladores en materia de seguridad en la gestión de los residuos radiactivos (*Working Group on Waste -WGW-*). El objetivo inicial del WGW era poder llegar a definir lo que se denominarían *European safety reference levels* y que estos niveles de referencia de seguridad armonizados pudieran ser aplicables al final de la década (2010). Este trabajo todavía no se ha finalizado.

De manera paralela, se decidió que otro grupo de trabajo también bajo el patrocinio de WENRA (el *Reactor Harmonisation Working Group -RHWG-*), debía desarrollar, con el mismo propósito armonizador, los *European safety reference levels* o niveles de referencia de seguridad, específicos para los reactores nucleares operativos. Este trabajo se finalizó en noviembre de 2005.

Los trabajos del estudio piloto referido a los reactores nucleares comprendían seis temas que luego se ampliaron a 18.

WENRA emitió un mandato en febrero de 2003 para ampliar los trabajos sobre los temas de relevancia para la armonización de la seguridad de los reactores y decidió incluir a los Reguladores Jefe de las autoridades reguladoras de Bulgaria, la República Checa, Hungría, Lituania, Rumanía, Eslovaquia y Eslovenia. Todos los países representados en WENRA, es decir, todos los países citados anteriormente más Suiza, participaron en este estudio.

Para lograr la tarea planteada y coordinar las acciones necesarias dentro de las organizaciones participantes, como se ha indicado, se creó un grupo de trabajo (Grupo de Trabajo para la Armonización de la Seguridad de los Reactores -REG), compuesto por representantes de los 17 países. El RHWG ha tardado más de dos años y medio en completar la tarea que le fue asignada. Se finalizó en noviembre de 2005.

Este informe concluye el trabajo realizado conforme al citado mandato. Incluye los términos de referencia, el alcance, la metodología utilizada y los resultados globales.

El trabajo realizado por el grupo representa un esfuerzo considerable y un importante compromiso para las organizaciones participantes a lo largo de dos años y medio. Los resultados del trabajo constituyen una importante contribución para la armonización de los requisitos legales en materia de la seguridad de los reactores y para su implantación en las centrales nucleares existentes. Algunos de los países participantes ya están

utilizando los resultados del estudio para el desarrollo o revisión de sus reglamentos.

Los resultados conseguidos se deben considerar parte de un proceso continuo y un paso intermedio hacia la mejora continua de la seguridad de los reactores en Europa.

## 2.Armonización

En este trabajo se entiende la armonización como la ausencia de diferencias significativas entre los requisitos de seguridad de cada país y su implantación en las centrales nucleares. Estos requisitos han de ser genéricos y estar formalmente emitidos. Son aplicables a todas las centrales nucleares en operación o en fase de clausura, independientemente de su diseño o tecnología.

Esto implica que el estudio debe considerar tanto los aspectos jurídicos como los relacionados con la implantación. No se considera suficiente que la seguridad se armonice en base a acuerdos voluntarios u otros menos formales con la industria, toda vez que no existen garantías de que tales acuerdos pudieran sobrevivir en un entorno de exigencias organizativas y económicas cambiantes.

Asimismo, se adoptó la siguiente definición de requisito nacional:

Para poder considerarlo como tal, un requisito nacional debe tener una base legal y haberse emitido formalmente. Debe estar documentado en un documento/publicación oficial. Estos requisitos son de dos tipos, ambos sustentados en una norma pero con poderes legales diferentes:

a) Un requisito legalmente vinculante, como una ley, un reglamento o una orden, es de na-

turalidad obligatoria y, donde sea necesario, será aplicado mediante sanciones legales. Estos requisitos son emitidos por el parlamento, el gobierno o la autoridad reguladora, si tiene capacidad legal para ello.

b) Una recomendación general (una regla, condición, o guía, principio, estándar, etc.) que la autoridad reguladora emite formalmente con respecto a un documento legalmente vinculante, decisión, permiso u otra autorización formal. Estas recomendaciones no son legalmente vinculantes y no tienen por tanto las mismas medidas coercitivas que la reglamentación; sin embargo, se emplean para conceder las autorizaciones y para regular las actividades de los titulares y éstos no las pueden ignorar, ya que corren el riesgo de que la autoridad reguladora les imponga alguna sanción. El titular puede optar por implantar la recomendación específica o una alternativa justificada como equivalente desde el punto de vista de la seguridad.

Los documentos emitidos por los titulares no se han aceptado como requisitos nacionales válidos. También quedan excluidas las decisiones reguladoras específicas legalmente vinculantes y documentadas que no traten por igual a todos los titulares.

Los requisitos nacionales que sean más exigentes y los casos de implantación que sean más extensivos que lo especificado por los Niveles de Referencia se considerarán armonizados. No se prevé que los países los vayan a reducir, si ese fuera el caso.

Estas consideraciones han impuesto restricciones de tal forma que no se han considerado como requisitos nacionales:

— Las Instrucciones Técnicas Complementarias asociadas a las autorizaciones de explotación.

— Las Instrucciones Técnicas de las Direcciones Técnicas.

— Documentos oficiales de explotación de los titulares, aunque sean documentos aprobados por el CSN (ES, ETF, RF, etc.).

► **Tabla 1. Áreas y temas de seguridad considerados en el inicial estudio piloto.**

Área de seguridad	Tema de seguridad
Gestión de la seguridad	Política de Seguridad Organización de operación
Diseño	Verificación y mejora del diseño
Operación	Gestión de accidentes más allá de la base de diseño
Verificación de la Seguridad	Análisis probabilístico de seguridad Revisión periódica de seguridad

**Tabla 2. Áreas y temas de seguridad.**

Área de seguridad	Tema de seguridad	
Gestión de la Seguridad	A	Política de seguridad
	B	Organización de operación
	C	Gestión de la calidad
	D	Formación y Autorización del personal de las CCNN (puestos de importancia para la seguridad)
Diseño	E	Verificación y mejora del diseño
	F	Envolvente base de diseño para reactores existentes
	G	Clasificación de seguridad de estructuras, sistemas y componentes
Operación	H	Límites y condiciones de operación
	I	Gestión del envejecimiento
	J	Sistema para la investigación de sucesos y realimentación de experiencias operativas
	K	Mantenimiento, inspección en servicio y pruebas funcionales
	L M	Procedimientos de Operación de Emergencia y guías para la gestión de accidentes severos
Verificación de la Seguridad	N	Contenido y actualización del informe de análisis de la seguridad (SAR)
	O	Análisis probabilístico de seguridad (APS)
	P	Revisión periódica de seguridad (RPS)
	Q	Modificaciones en la central
Preparación para Emergencias	R	Preparación para emergencias en el emplazamiento
	S	Protección contra incendios internos

Sí se han considerado requisitos nacionales:

- RINR, Órdenes Ministeriales.
- Autorizaciones de explotación.
- Instrucciones del Consejo (IS).
- Guías de seguridad (en parte).

### 3. Áreas y temas de seguridad considerados

En el estudio inicial, piloto, se consideraron seis temas, que son los que aparecen en la tabla 1.

Posteriormente, el estudio final estableció las siguientes áreas de seguridad y 18 temas de análisis (tabla 2).

Los temas de seguridad se han seleccionado con el objetivo de cubrir los aspectos más importantes en los casos en que cabe prever diferencias sustanciales entre los países miembros de WENRA. La lista de temas de seguridad no define la seguridad de los reactores, siendo su objetivo el de proporcionar información sobre lo que actualmente resulta significativo para la armonización en el contexto de este estudio. Esto significa que los temas que carecen de importancia desde el punto de vista de la armonización se han excluido, toda vez que serían pocas las diferencias entre los países participantes en esta materia.

### 4. Documentación de referencia empleada

Se han utilizado los requisitos y normas de seguridad del OIEA (aunque alguna de ellas estuviese en borrador), con las siguientes condiciones sobre su obligatoriedad:

— Empleo de los tiempos “Shall” y “Should”:

- Los Requisitos del OIEA usan el “Shall” (Carácter obligatorio).

- Las Guías del OIEA usan el “Should” (recomendación).

- Todos los niveles de referencia del WENRA emplean “Shall” aunque se deriven de recomendaciones de las guías de seguridad.

- Ello implica que se ha elevado el grado de exigencia con respecto a las guías del OIEA.

— De forma específica, las fuentes consultadas fueron:

- La Convención sobre la Seguridad Nuclear;

- Los reglamentos nacionales de seguridad existentes;

- Los Requisitos de Seguridad del OIEA sobre Diseño y Operación;

- Estudios sobre prácticas nacionales en el marco del OCDE/AEN y la UE;

- Retos reguladores actuales o futuros, como aplicaciones informadas por el riesgo; y

- Una propuesta del grupo de la industria detrás de los Requisitos

de las Empresas Eléctricas Europeas.

— Asimismo, se tuvieron en cuenta las siguientes condiciones:

- Dadas las responsabilidades de los miembros de WENRA, el estudio debería cubrir la seguridad de los reactores nucleares, excluidas la protección radiológica y la protección física;

- El estudio debería referirse a los reactores comerciales actualmente en operación;

- El estudio debería abordar las principales diferencias y similitudes de sustancia entre los requisitos de seguridad, en lo determinístico y probabilístico, así como la gestión de la seguridad y la cultura de seguridad;

- El estudio no debería ahondar en detalles jurídicos y técnicos; y,

- Como primer paso hacia la armonización, el estudio debería centrarse en los requisitos de seguridad impuestos al titular por el régimen regulador, pero no abordar prácticas reguladoras como la evaluación reguladora ni revisar criterios de casos de seguridad.

Para una mejor sistematización, los “temas de seguridad” se han estructurado en cinco “áreas de seguridad” que se corresponden estrechamente con la Convención sobre Seguridad Nuclear y con la estructura de numerosos reglamentos nacionales.

## 5. Grupos de trabajo sobre seguridad de los reactores nucleares (RHWG)

Se han elaborado dos informes:

1. *Harmonization of reactor safety in WENRA countries. January 2006.* (Documento público).

2. *Overview of National Results.* (Documento restringido para uso de los miembros de WENRA).

El CSN ha extraído de este informe los resultados correspondientes a España para su traducción y posterior difusión.

Sendos documentos en sus versiones inglesa y española se encuentran en la web del CSN.

## 6. Metodología

El estudio empleó una metodología que había evolucionado a partir del estudio piloto, según la siguiente secuencia:

1. Se desarrolló un conjunto de Niveles de Referencia que identificaban los principales requisitos relevantes referentes a la seguridad

de los reactores para los 18 temas de seguridad que figuran en la tabla 2. Estos Niveles de Referencia se basaban principalmente en las normas de seguridad del OIEA;

2. Los países realizaron un ejercicio de autoevaluación frente a los Niveles de Referencia en lo jurídico y en lo relativo a la implantación y documentaron sus posiciones nacionales.

3. Estas posiciones nacionales se examinaron mediante sesiones de revisión por homólogos con el fin de validar las autoevaluaciones.

4. Donde se juzgaba necesario, se efectuaron cambios en las evaluaciones nacionales y, en algunos casos, se modificaron los Niveles de Referencia.

5. Se identificaron áreas en las que se consideraba necesaria la armonización entre los países en lo jurídico y/o en lo relativo a la implantación.

La figura 1 presenta una visión general de la metodología que se

describe en los siguientes apartados.

### 6.1 Establecimiento de “Niveles de Referencia”

Como base para los Niveles de Referencia se utilizó la última edición de las normas de seguridad del OIEA de dominio público. Para cada tema se nombró un país líder para que propusiera un borrador inicial al:

- Comprobar las normas de seguridad del OIEA asociadas con el tema de seguridad a estudiar;

- Seleccionar los requisitos significativos (clave) del OIEA (de los documentos de Requisitos); y

- Añadir cualquier recomendación significativa (clave) del OIEA (de las Guías de Seguridad).

Anteriormente a la reunión, el país líder distribuyó entre los miembros un conjunto borrador de Niveles de Referencia para sus comentarios, y el grupo de trabajo lo discutió durante la misma. En particular, el grupo de trabajo se centró en la necesidad de una comprensión compartida y en la viabilidad de comparar los Niveles de Referencia, el grado de detalle y su valor desde el punto de vista de la armonización.

Todos los Niveles de Referencia se formulan como declaraciones escritas utilizando el tiempo futuro, para establecer su obligatoriedad. Esta decisión se tomó durante el estudio piloto con el fin de asegurar que todos los Niveles de Referencia recibieran el mismo trato, independientemente de la fuente original del material (Requisitos o Guías del OIEA). El uso imperativo del tiempo futuro indica que todos los niveles se tendrán que comparar con el patrón y que habrá que tomar acciones para su armonización si fuera necesario. Tanto un requisito nacional genérico legalmente vinculante como una recomendación general de emisión formal, constituirán evidencias igualmente aceptables del cumplimiento de los niveles. Así, los niveles no son



► Figura 1. Metodología.

en sí mismo reglamentos, pero sí permiten determinar si existen requisitos nacionales para su cumplimiento en los países miembros de WENRA y si los países los han implantado.

Cada país ha contado además con la oportunidad de proponer Niveles de Referencia adicionales, basados no en los criterios del OIEA sino en sus propios reglamentos nacionales (las llamadas “deltas europeas”).

En la práctica se han producido muy pocas adiciones de este tipo, toda vez que son cada vez más amplias las normas internacionales de seguridad de los documentos del OIEA y porque muchos países miembros de WENRA han participado en el trabajo de los comités del OIEA, lo cual ha contribuido a su convergencia.

Cada documento sobre Niveles de Referencia ha pasado por varias fases de elaboración de borradores antes de ser aprobado para el establecimiento de patrones. Algunos Niveles de Referencia son bastante genéricos, mientras que otros son más detallados; sin embargo, el objetivo en todos los casos ha sido centrarse en las diferencias y similitudes sustanciales, en aras de una mayor armonización y para evitar detalles técnicos.

## 7. Autoevaluaciones nacionales

Cada país completó una tabla de autoevaluación para cada uno de los 18 temas al responder a dos preguntas:

(i) ¿Existe algún requisito nacional equivalente que cumpla sustancialmente el Nivel de Referencia?

(ii) ¿Han implantado todas las centrales nucleares operativas del país el Nivel de Referencia?

Es posible responder “No” a la primera pregunta y “Sí” a la segunda, o viceversa, y existen tres posibles resultados codificados para cada pregunta:

A. Sí – ya armonizado sustancialmente;

B. No – existe una diferencia pero se puede justificar desde el punto de vista de la seguridad, o

C. No – existe una diferencia y debería abordarse para su armonización.

Los países documentaron sus respectivas posiciones nacionales realizando las palabras clave y codificando su respuesta a cada pregunta con “A”, “B”, o “C”. Así, dos letras resumen la respuesta para cada Nivel de Referencia:

“El CSN promueve el intercambio de prácticas con organismos similares. Una de las consecuencias de este interés fue la creación de tres asociaciones internacionales: la Asociación Internacional de Reguladores Nucleares (INRA), la Asociación de Reguladores Nucleares de Europa Occidental (WENRA) y el Foro de Reguladores Nucleares Iberoamericano (FORO).”

la primera se refiere a la anterior pregunta (i), relativa al requisito jurídico, y la segunda a la pregunta (ii), sobre la implantación.

Se debe tener en cuenta que cabe la posibilidad de una evaluación “A” en lo referente a la implantación en las centrales nucleares aunque no existan requisitos nacionales públicos, genéricos y emitidos formalmente, y esto puede ser así por muchas razones.

El código “B” refleja una diferencia relacionada con la seguridad que se ha justificado y que no necesita ninguna intervención adicional para la armonización. Para asegurar la coherencia, se acordaron los siguientes criterios para la justificación de una “B”:

– Existen reglamentos en fase de desarrollo o revisión que incluirán el (los) requisito(s) de Nivel de Referencia antes de finales de 2005 como muy tarde;

– El requisito de Nivel de Referencia está cubierto por un requisito nacional diferente en tal medida que el valor añadido del requisito de referencia desde el punto de vista de la seguridad es reducido;

– Específicamente en el caso del tema N, el Nivel de Referencia se incluye en un documento controlado de seguridad distinto al informe de análisis de la seguridad (SAR) pero de rango similar a éste; es decir, se trata de un documento aprobado por la autoridad reguladora e incluido en la documentación de licenciamiento.

– No existe la implantación de un requisito de referencia en una central ya antigua para lo cual se ha tomado la decisión de clausurar;

– La implantación de un requisito de referencia está en marcha y se completará antes de finales de 2005; o

– Se ha acordado no exigir la implantación de un requisito de Nivel de Referencia porque la autoridad reguladora ha aceptado la correspondiente justificación técnica.

El código “C” puede tener significados bastante dispares. Puede resultar de la imposibilidad de contrastar una única palabra clave de un Nivel de Referencia o un Nivel de Referencia mismo.

Los resultados de las evaluaciones codificados “C” formarán la base para los planes de acción nacionales.

### 7.1 Autoevaluación

Cada país tabuló sus propios datos y “validó” sus propias evaluaciones a la luz tanto de su propio conocimiento como de la naturaleza de las preguntas que posteriormente se formularían durante el proceso de validación a realizar por el grupo de trabajo y las comprobaciones de la calidad correspondientes.

## 7.2 Comparación de referencia por paneles

Durante las reuniones del grupo de trabajo, los países se dividían en dos grupos y trabajaban en paralelo, estudiando y cuestionando sus respectivas justificaciones de sus posiciones nacionales. Los objetivos de estas sesiones de comparación eran:

— Conseguir una consistencia entre los distintos países y, en particular, asegurar que los Niveles de Referencia se habían interpretado de igual manera y con el mismo rigor;

— Aumentar la fiabilidad global del resultado de estudio al asegurar que las posiciones nacionales cumplieran las justificaciones acordadas; y

— Facilitar información orientativa a los países sobre cómo revisar sus evaluaciones.

Caso de considerar el grupo que la justificación ofrecida por un país no era suficiente para la codificación propuesta, se le pedía al país en cuestión que proporcionara más evidencia o que cambiara su codificación (mientras tanto los países aplicaban una codificación “C”).

Todos los países se han contrastado con los Niveles de Referencia

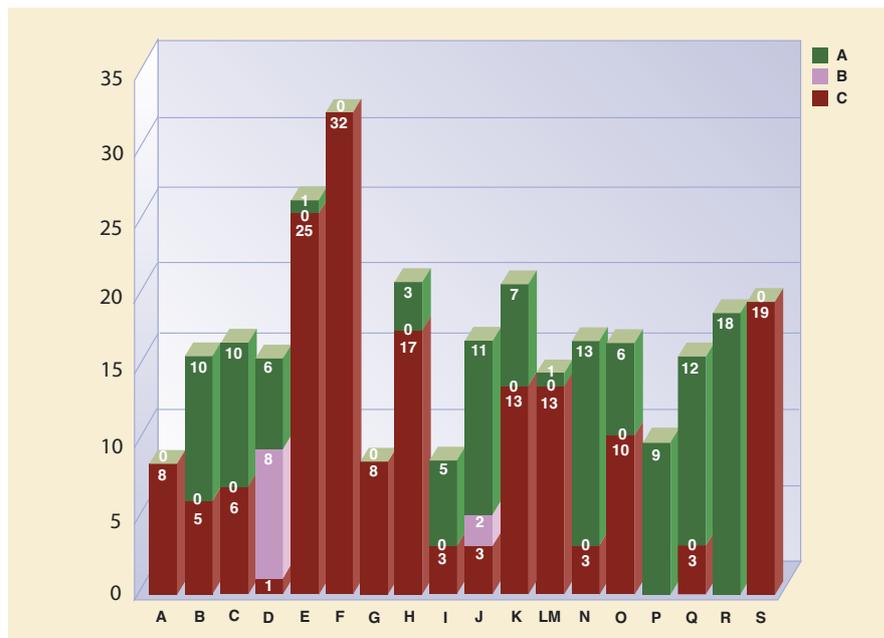


Figura 2. Resultados de España. Requisitos legales

y todos los Niveles de Referencia se han revisado y estudiado a fondo en el marco de estos procesos.

## 8. Resultados del Estudio

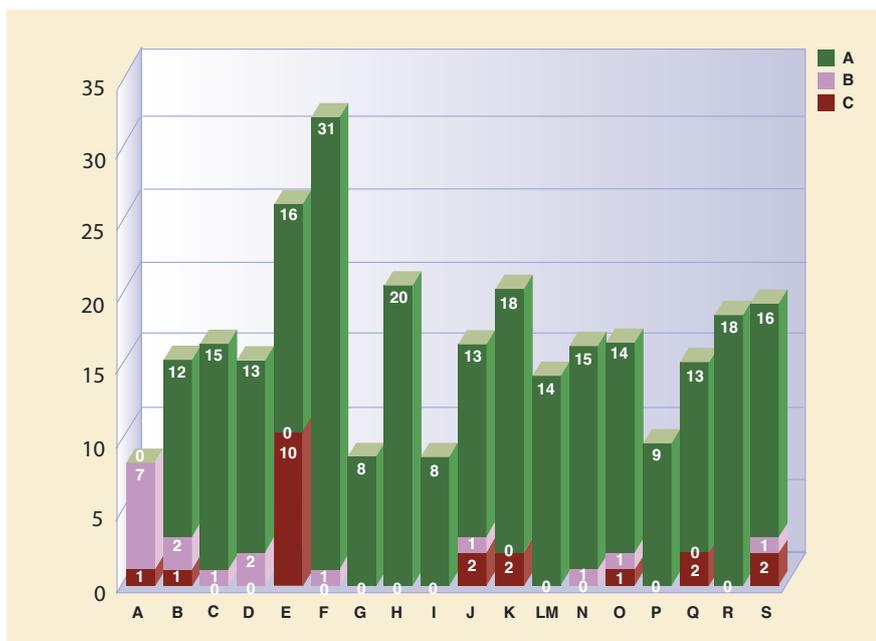
Los resultados se han analizado y presentado gráficamente para ilustrar la proporción de “A”s, “B”s y “C”s. Como ya se ha indicado, el código “A” significa que los requisitos legales nacionales son

substancialmente equivalentes a un Nivel de Referencia, el código “B” significa que las posibles diferencias se han justificado, y el código “C” identifica la presencia de diferencias que se deben abordar para su armonización.

En la figura 2 se muestran los resultados del Estudio correspondientes a España, respecto a los requisitos legales.

Tabla 3. Resultados de España. Resumen de datos.

		Requisitos Legales			Implantación		
		A	B	C	A	B	C
A	Política de seguridad	0	0	8	0	7	1
B	Organización de operación	10	0	5	12	2	1
C	Gestión de la calidad	10	0	6	15	1	0
D	Formación y Autorización del personal de las CCNN (puestos de importancia para la seguridad)	6	8	1	13	2	0
E	Verificación y mejora del diseño	1	0	25	16	0	10
F	Envolvente base de diseño para reactores existentes	0	0	32	31	1	0
G	Clasificación de seguridad de estructuras, sistemas y componentes	0	0	8	8	0	0
H	Límites y condiciones de operación	3	0	17	20	0	0
I	Gestión del envejecimiento	5	0	3	8	0	0
J	Sistema para la investigación de sucesos y realimentación de experiencias operativas	11	2	3	13	1	2
K	Mantenimiento, inspección en servicio y pruebas funcionales	7	0	13	18	0	2
LM	Procedimientos de Operación de Emergencia y guías para la gestión de accidentes severos	1	0	13	14	0	0
N	Contenido y actualización del informe de análisis de la seguridad (SAR)	13	0	3	15	1	0
O	Análisis probabilístico de seguridad (APS)	6	0	10	14	1	1
P	Revisión periódica de seguridad (RPS)	9	0	0	9	0	0
Q	Modificaciones en la central	12	0	3	13	0	2
R	Preparación para emergencias en el emplazamiento	18	0	0	18	0	0
S	Protección contra incendios internos	0	0	19	16	1	2



► **Figura 3.** Resultados de España. Implantación.

En la figura 3 se recogen los resultados de España en cuanto a Implantación.

En las tablas 3 y 4 figura el resumen de datos respecto a los resultados de España.

En definitiva, el Grupo de trabajo considera que se ha cumplido el mandato de WENRA y que el estudio indica que la mayoría de los países miembros de WENRA ya han implantado la mayoría de los Niveles de Referencia, pero también que cada país tendrá que abordar la implantación de otros en aras de una mayor armonización.

En cuanto a los requisitos legales, la situación es significativamente diferente: muchos Niveles de Referencia no son formalmente requeridos en los países, según las estrictas definiciones del estudio, por lo que la armonización requerirá un gran esfuerzo regulator y jurídico. Aún así, algunas de las organizaciones participantes ya están utilizando los resultados del estudio para el desarrollo o revisión de sus reglamentos.

Este trabajo ha proporcionado también una mejor comprensión de los enfoques de la seguridad

nuclear en Europa y de los requisitos legales de cada Estado Miembro. Durante el desarrollo de los Niveles de Referencia y posterior proceso de comparación, los miembros del grupo pudieron adquirir una profunda comprensión de los puntos fuertes de las actuales Normas de Seguridad del OIEA y de la amplitud de su alcance. Esto ha contribuido esencialmente a la existencia de un entendimiento común de los Niveles de Referencia entre los miembros.

## 9. Futuros trabajos y compromisos

El compromiso de los países que conforman WENRA es que en el año 2010 se hayan mejorado y armonizado los sistemas reguladores empleando como mínimo los niveles de referencia.

Para ello se procederá a llevar a cabo las siguientes actuaciones: en las reuniones de WENRA de:

- Marzo 2006, que tendrá lugar en Madrid, se acordará el formato para los planes de cada país para llevar a cabo la armonización.

- Noviembre 2006. Cada país presentará su plan para llevar a cabo la armonización.

- Se efectuará un seguimiento de los avances de los planes (pendiente de definir la metodología para efectuar el seguimiento).

El CSN está analizando la forma de implantar la normativa y actuaciones precisas puestas de manifiesto en los resultados para España del estudio de armonización, entre las que cabe mencionar el borrador de Reglamento de Seguridad Nuclear, que puede incluir requisitos básicos o fundamentales a partir de los cuales se pueden desarrollar Instrucciones del Consejo (IS) para obtener la armonización requerida.

► **Tabla 4.** Resultados de España. Resumen de datos.

TOTAL			%
Requisitos Legales	A	112	38.5
	B	10	3.4
	C	169	58.1
Implantación	A	253	87
	B	17	5.8
	C	21	7.2

Como puede observarse del análisis de estas tablas, el número total de niveles de referencia es de 291.

- Hay que establecer requisitos nacionales, válidos para WENRA, para el 58.1% de los niveles de referencia.

- Sólo hay que armonizar la implantación del 7.2% de los niveles de referencia.

## ANEXO

Reproducimos a continuación la declaración política de WENRA incluida en el informe *Harmonization of Reactor Safety in WENRA Countries*, seguida de una traducción no oficial de la misma en castellano.

## WENRA Policy Statement

We, the heads of the national Nuclear Safety Authorities, members of WENRA, commit ourselves to a continuous improvement of nuclear safety in our respective countries.

Nuclear safety and radiation protection are based on the principle of the prime responsibility of the operators. The role of national regulators is to ensure that this responsibility is fully secured, in compliance with the regulatory requirements.

In order to work together, we created the Western European Nuclear Regulators' Association (WENRA) with the following main objectives:

- to build and maintain a network of chief nuclear safety regulators in Europe;
- to promote exchange of experience and learning from each other's best practices;
- to develop a harmonized approach to selected nuclear safety and radiation

protection issues and their regulation, in particular within the European Union;

- to provide the European Union Institutions with an independent capability to examine nuclear safety and its regulation in Applicant Countries.

In order to develop a harmonized approach, we are:

- sharing our experience feedback and our vision;
- making efforts to further exchange of personnel, allowing an in-depth knowledge of working methods of each other;
- developing common reference safety levels in the fields of reactor safety, decommissioning safety, radioactive waste and spent fuel management facilities in order to benchmark our national practices.

We recognise the IAEA standards form a good basis for the continuous improvement of national nuclear regulatory systems and nuclear safety.

The reference levels that we have developed represent good practices in our

countries from which we can also seek to learn from each other to further improve nuclear safety and its regulation. Hence, we are committed:

- by the year of 2010 to improve and harmonize our nuclear regulatory systems, using as a minimum, the reference levels;
- to influence the revision of the IAEA standards when appropriate;
- to regularly revise the reference levels when new knowledge and experience are available.

We strive for openness and improvement of our work. For that purpose we will:

- keep the European Nuclear Safety and Radiation Protection Bodies not belonging to WENRA, and the EU Institutions, informed of the progress made in our work;
- make our public reports available on the Internet ([www.wenra.org](http://www.wenra.org));
- invite stakeholders to make comments and suggestions on these reports.

## Declaración Política de WENRA

Nosotros, los máximos responsables de las Autoridades de Seguridad Nuclear nacionales, miembros de WENRA, nos comprometemos a mejorar continuamente la seguridad nuclear en nuestros respectivos países.

La seguridad nuclear y la protección radiológica se basan en el principio de la responsabilidad principal de los operadores. El papel de los reguladores nacionales es asegurar que esta responsabilidad se ejerza completamente, de acuerdo con los requisitos reguladores.

Con el fin de trabajar juntos, creamos la Asociación de Reguladores Nucleares de Europa Occidental (WENRA), con los objetivos primordiales siguientes:

- construir y mantener una red de trabajo de los responsables de la regulación de la seguridad nuclear en Europa;
- promover intercambio de experiencias y aprender de las mejores prácticas de cada uno;
- desarrollar un proceso armonizado para seleccionar los asuntos sobre seguridad nuclear y protección radiológica y su regulación, en particular dentro de la Unión Europea;

- dotar a las instituciones de la Unión Europea con una capacidad independiente para examinar la seguridad nuclear y su regulación en los países candidatos.

Para desarrollar un enfoque armonizado estamos:

- compartiendo información sobre nuestra experiencia y nuestra visión;
- haciendo esfuerzos para avanzar en el intercambio de personal, que permitan un conocimiento en profundidad de los métodos de trabajo de cada uno;
- desarrollando unos niveles de referencia de seguridad comunes en los campos de la seguridad de los reactores, la seguridad en el desmantelamiento, los residuos radiactivos y las instalaciones de gestión del combustible gastado con el propósito de comparar nuestras prácticas nacionales.

Reconocemos los estándares del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) como una buena base para la mejora continua de los sistemas reguladores nucleares nacionales y la seguridad nuclear.

Los niveles de referencia que hemos desarrollado representan buenas prácticas en nuestros países, con ellos también

buscamos aprender de cada uno de nosotros para avanzar más en la mejora de la seguridad nuclear y su regulación. Por lo tanto, nos hemos comprometido a:

- mejorar y armonizar para el año 2010 nuestros sistemas reguladores nucleares, usando como mínimo los niveles de referencia;
- influir en la revisión de los estándares del OIEA cuando sea conveniente;
- revisar periódicamente los niveles de referencia cuando se disponga de un nuevo conocimiento y experiencia.

Nosotros dedicamos serios esfuerzos enfocados hacia la transparencia y la mejora en nuestro trabajo. Por este propósito, nosotros:

- mantendremos informados de los progresos hechos en nuestro trabajo a los organismos de seguridad nuclear y protección radiológica de países europeos no miembros de WENRA y a las instituciones de la Unión Europea;
- haremos que nuestros informes públicos estén accesibles en la página web ([www.wenra.org](http://www.wenra.org));
- invitaremos a los *stakeholders* (partes interesadas) a hacer comentarios y sugerencias sobre estos informes.

# Definir la estrategia de la actividad nuclear

En este artículo se presenta la actividad nuclear definida dentro del ámbito de la industria nuclear, por lo que se estudia en su capacidad para generar energía eléctrica, desde su aplicación a la industria y la medicina, y como generador de armas de destrucción masiva.

Estos ámbitos de análisis presentan unos problemas que la actividad nuclear debe saber afrontar mediante estrategias de actuación encaminadas a hacer de la misma una actividad a tener en cuenta al hacer uso de los beneficios que su uso pacífico aporta al ser humano.

## 1. Introducción

Cuando hablamos de actividad nuclear la primera pregunta que deberíamos hacer y responder es: ¿Qué queremos decir con actividad nuclear?

La actividad nuclear tiene un ámbito muy grande de aplicación. En su propia definición implica actividades que se ocupan de la energía nuclear, de las aplicaciones médicas, de la física nuclear, de la química, de los radioisótopos, de los aceleradores lineales, de las fuentes radiactivas, etc. En síntesis, el nivel de actividades que involucra la actividad nuclear es muy amplio y escapa al alcance de esta exposición.

Limitaremos el alcance de este trabajo a aquellas actividades que de alguna forma producen grandes efectos tecnológicos, políticos, socioculturales o económicos. En este contexto limitado, el concep-

to "actividad nuclear" se referirá específicamente a la industria nuclear, en sus tres actividades centrales:

- La energía nuclear para generar energía eléctrica, su ciclo de combustible, la ecuación económica y su factibilidad tecnológica.

- La aplicación industrial y médica de la actividad nuclear, el desarrollo de los tratamientos médicos; radioterapéuticos y radio-diagnósticos.

- Los sistemas de armas de destrucción masiva, los efectos de las pruebas de explosiones nucleares realizadas y la implicancia potencial de los arsenales nucleares.

Estos tres ámbitos de análisis presentan de forma simultánea tres grandes problemas. Ellos son:

- Las acciones malévolas producidas por organizaciones sin código postal. Denominadas en algunos casos terroristas.

- La contaminación ambiental producida por el uso de la energía nuclear. Esto genera la necesidad de organizar sistemas de protección radiactiva a la comunidad.

- El efecto dual del desarrollo de la tecnología nuclear. Por un lado su desarrollo habilita y potencia su uso como sistema tecnológico para desarrollar armas de destrucción masiva y por el otro lado, por ser una tecnología multidisciplinaria, es un disparador del crecimiento económico y tecnológico en otros campos del conocimiento.

Este análisis reducido de la actividad basado en la idea de potenciar las acciones que repercuten con fuerza en el más alto nivel político, tecnológico, científico y económico nos va a permitir construir una visión sistémica del problema. La rigurosidad científica cede el paso a la visión política del problema.

De este primer análisis surgen cuatro variables a tener en cuenta: la radiación, la energía de destrucción masiva, la generación eléctrica y el desarrollo tecnológico. La tecnología se enlaza con la radiación porque la esencia de la tecnología nuclear es el dominio de los procesos nucleares en un marco que garantice la protección radiológica a la comunidad.

\* Raúl Racana es presidente de la Autoridad Regulatoria Nuclear Argentina (ARN).

## 2. Los problemas y los ámbitos de análisis

Dentro de las limitaciones acordadas, una evaluación de lo expresado previamente puede ser realizado dentro de los tres grandes ámbitos de análisis definidos que incluyen tres grandes líneas industriales:

1. La industria de generación de energía eléctrica.
2. La industria de aplicaciones médicas e industriales.
3. La industria de los sistemas de armas nucleares.

Las industrias, como hemos visto, se encuentran condicionadas por los efectos generados por la radiación, por su potencial capacidad de producir sistemas de destrucción masiva y por las acciones malévolas.

La protección de la población contra los efectos negativos de la radiación es un requerimiento esencial en todos los ámbitos de la aplicación nuclear y esto implica el análisis de una gran variedad y cantidad de parámetros que, alternativamente, producen efectos que modifican el medio ambiente y que, por ende, cambian la realidad. Estos parámetros pueden ser clasificados como reales cuando son generados por hechos físicos o como psicológicos cuando son generados por la percepción que tiene la población de la realidad. Estos últimos, en algunos casos, complican el problema creando situaciones virtuales propias de la imaginación de los seres humanos que en muchos casos están lejos de las realidades físicas.

Es importante destacar que, en los últimos tiempos, la incidencia de los fenómenos virtuales se ha incrementado, generando una preocupación creciente a los administradores de las instalaciones nucleares. Las poblaciones cercanas a los centros nucleares, motivadas por grupos de interés, construyen artificialmente situaciones, muchas de ellas alejadas de la realidad, asociadas con la posibilidad de atentados terroristas o con la contaminación ambiental produ-

Tabla 1. Problemas-Industrias

Problemas Industria	Acciones Malévolas Terrorismo Nuclear.	Contaminación Ambiental. Efectos de la Radiación.	Proliferación de Armas de Destrucción Masiva.
Energía Eléctrica	SI	SI	SI
Aplicaciones Médicas e Industriales	SI	SI	NO
Sistemas de Armas Nucleares	SI	SI	SI

cidos por materiales radiactivos o por otros fenómenos propios de la inventiva humana más allá de una realidad posible.

Independientemente del problema generado por los efectos negativos de la contaminación, las instalaciones nucleares requieren estar alerta y tener sistemas de seguridad preventivos contra las acciones malévolas de grupos externos comúnmente denominadas "Terrorismo Nuclear". El no dominar esta situación puede generar un impacto negativo en la actividad nuclear, al presentar una faceta vulnerable, inaceptable en las sociedades modernas.

Un tercer problema que debe resolver una correcta administración de las instalaciones nucleares es el desvío de la tecnología para usos no pacíficos. Los sistemas de armas de destrucción masiva presentan una cara negativa al desarrollo pacífico de la energía nuclear, por su amenaza a la Paz mundial.

Los intereses de grupos externos, junto con los conflictos propios de la actividad con sus objetivos contradictorios, generan un escenario que requiere una comprensión global de los hechos para no cometer el error de pretender entender los fenómenos físicos de forma aislada.

Estos elementos tienen una interesante interrelación que lleva a un planteamiento integrado del sistema nuclear. En la tabla 1 se puede apreciar la relación entre las diferentes industrias y los problemas potenciales y reales que éstas

pueden crear. Esta tabla, a pesar de su simplicidad, requiere para su interpretación una visión integradora, que implica una concepción sistémica y un pensamiento estratégico. Si analizamos la tabla de referencia se puede visualizar que el desarrollo de la energía nuclear para generar electricidad se encuentra condicionado por la capacidad que tiene esta tecnología de ser usada en su desarrollo como tecnología militar. Su capacidad en esta dirección es una limitante a su aplicación. Los procesos para la construcción de sistemas de armas y sus correspondientes actividades relacionadas con las explosiones nucleares de prueba, han instalado en las sociedades un temor manifiesto y justificado, repercutiendo fuertemente en el uso de esta energía para la generación eléctrica.

El permanente temor de acciones malévolas altera el sentimiento general hacia esta tecnología por la probable realización de un acto terrorista que pueda producir efectos destructivos en la sociedad. Todo esto se expresa con un rechazo a la radiación y todo lo que a ésta se refiere, cualquiera que sea el uso y aplicación que se le quiera dar, inclusive en los campos de usos médicos en donde tantos resultados positivos ha producido a la comunidad.

Como surge de lo explicado, lo interesante de la actividad nuclear es que los temas trascendentes se deben analizar en un contexto sistémico más que en el campo de las

especialidades. Esto, de alguna forma, implica una comprensión del problema desde una visión integradora. Se puede entender cómo funciona cada una de las partes, pero esto no nos permite comprender el problema en toda su dimensión. La producción de sistemas de armas de destrucción masiva, las acciones malévolas que potencialmente puedan ser realizadas por grupos terroristas, la tendencia permanente a la proliferación nuclear y el continuo deterioro a la credibilidad de los niveles de seguridad de las instalaciones generado por grupos formadores de opinión han alterado y, en algunos casos, detenido el crecimiento del uso pacífico de la actividad nuclear.

### 3. La Autoridad Reguladora Nuclear (ARN) de Argentina

La descripción de las funciones asignadas a la Autoridad Reguladora Nuclear (ARN) de Argentina permite comprender la relación y consistencia entre estas funciones y los “problemas” descritos previamente. La ARN tiene asignado bajo su esfera de responsabilidad todo lo referente a la seguridad y protección de la población contra los efectos negativos de las radiaciones ionizantes, la protección física de los sistemas nucleares y el control de los materiales nucleares con capacidad de ser usados como materias primas de los sistemas de armas de destrucción masiva. En síntesis, opera sobre los tres problemas explicitados previamente.<sup>(1)</sup>

La protección a la población es la función esencial de la ARN. Si se analiza en el marco de la tabla 1 se puede visualizar que los problemas que se deben resolver aparecen en las industrias e interactúan entre sí. En efecto, una de las funciones de la ARN es proteger a los trabajadores, al público en general y a los pacientes contra los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes y éstas aparecen en las tres industrias.

Esto implica establecer una red nacional con una efectiva inserción internacional para proteger a los actores pasivos (público) y activos (trabajadores) de una posible contaminación ambiental producida por radionucleidos artificiales que pueda ser originada, entre otras cosas, como consecuencia de las actividades generadas por:

- Las pruebas de armas nucleares.
- La descarga de residuos radiactivos provenientes de las instalaciones nucleares.

“Toda autoridad reguladora nuclear debe garantizar la no generación de ningún tipo de contaminación que pueda afectar tanto a las personas que trabajan dentro del sistema como a las que se encuentran de forma pasiva fuera del mismo.”

- Los procesos propios del uso médico de la radiación.
- El uso de la energía eléctrica para producir electricidad.
- El ataque externo contra instalaciones fijas y móviles.
- La disposición final de los efluentes provenientes del ciclo de combustible nuclear.
- Los desechos generados por las actividades nucleares en general.

La ARN, tal cual lo expresado en sus funciones, posee una misión que está estrictamente relacionada con los conceptos previamente anunciados. Esta misión, en forma sintética, se orienta a neutralizar los “problemas” que aparecen en la tabla 1. La seguridad neutraliza a la contaminación, la protección física al terrorismo y las salvaguardias a la proliferación.

Estas tres funciones fundamentales se expresan en los “problemas” de la tabla 1, y se interrelacionan entre sí de forma tal que se pueden organizar las tres acciones en un proceso que tiende a garantizar la

seguridad de la población dentro del marco nacional insertadas en las normativas internacionales que debe cumplir cada país dentro de los pactos internacionales que se han firmado.

En síntesis, toda autoridad reguladora debe garantizar que los hechos que se producen en el ámbito de las centrales nucleares, o en el manejo del material radiactivo para los tratamientos médicos, o en la industria nuclear en su totalidad, no generen ningún tipo de contaminación que pueda afectar a la salud de las personas que trabajan dentro del sistema y de las personas que se encuentran en forma pasiva fuera del sistema.

### 4. El pensamiento sistémico en la actividad nuclear

Una visión integradora requiere un pensamiento sistémico. Un tema aislado, como puede ser un sistema de armas nucleares, indefectiblemente, para su comprensión, requiere ser analizado dentro de los ámbitos con los cuales se interrelaciona. Se relaciona con salvaguardias, que a su vez se interrelaciona con el problema de la generación de electricidad y, por supuesto, se inserta en el contexto de las políticas internacionales de los países y de la organización de las Naciones Unidas, sin poder ignorar el potencial peligro del terrorismo nuclear, la proliferación de armas nucleares y, no por menos, la posibilidad de la contaminación ambiental.

Frente a esto, pareciera que el uso médico pudiera considerarse en forma independiente, pero no es el caso. La protección física contra acciones malévolas que requiere todo el sistema de uso médico, las fuentes radiactivas, su fabricación y distribución para ser usadas en las aplicaciones médicas es un indicativo de la necesidad de considerar, también a esta industria, de forma global.

Cuando mencionamos salvaguardias, estamos hablando de contabilidad y control del material nuclear y, de forma indirecta, nos estamos refiriendo a los tratados internacio-

<sup>1</sup> Ley 24.804 de 1997. Argentina.

nales, fundamentalmente a aquellos que constituyen la estrategia de la limitación de la proliferación de armas nucleares y el consiguiente montaje de las estructuras de poder. También nos estaremos refiriendo a aquellos nucleidos que se utilizan en el uso pacífico de la generación de la energía nuclear y que poseen un potencial uso como material radiactivo o nuclear que pueda ser apto para producir armas de destrucción masiva.

En síntesis, se puede visualizar la concepción integradora que tiene la actividad nuclear, teniendo en cuenta que al hablar de una parte, tenemos permanentemente que referirnos al todo.

En la tabla 2 se pueden apreciar las acciones que deben ser generadas para resolver los tres grandes problemas planteados anteriormente. El análisis central implica que:

— La “Estrategia” debe establecer la “Comunicación” de las “Políticas” para resolver el “Conflicto”, teniendo en cuenta:

— Los “Intereses” de la “Industria Eléctrica”, “Los Grupos Ecológicos” y “La Política Internacional”; mediante:

— Acciones de;

- “*Security*”, preferentemente focalizadas para proteger contra los actos malévolos a los reactores nucleares, a las fuentes huérfanas y al transporte del material radiactivo y nuclear,

- “*Safety*”, con centro de gravedad en el diseño de sistemas de protección contra los contaminantes producidos por las instalaciones nucleares y radiológicas, por los procesos generados en el ciclo de combustible, y por los lugares destinados como repositorios de residuos radiactivos;

- “*Salvaguardias*” destinadas a mantener un permanente control y contabilidad del material nuclear para evitar su uso o destino inadecuado.

#### 4.1 La Estrategia

El todo en muchas oportunidades tiene un contenido estratégico. La

“estrategia” no usa la lógica lineal para interpretar el mundo, más bien usa una racionalidad volitiva. Vive en una dialéctica de las voluntades. La “estrategia” no es como las ciencias naturales, ámbito en el cual el conocimiento de un hecho no modifica el hecho. Cuando una persona aprende cómo opera la Ley de la gravedad, ésta no se modifica. Todo sigue como si nada hubiera pasado. Cuando una persona descubre que ha sido sometida a los efectos de la radiación, su relación con el ambiente cambia sustancialmente. Los hechos modifican los hechos. Este es el típico funcionamiento del sistema nuclear, su propia dinámica modifica las leyes que lo sustentan.

En este proceso, que tiene un fuerte contenido de ciencias duras, el tratamiento psicológico del problema se presenta como una dimensión a tener en cuenta. No intentamos que se entienda de Psicología sino cómo usarla en nuestros actos.

Tenemos que hacer el esfuerzo de comprender que la lógica científica se relaciona con las cosas o con los hechos, mientras que la lógica estratégica se relaciona con las mentes, los sentimientos y las creencias de la gente. El pensamiento estratégico contiene la lógica para poder resolver los típicos conflictos que se van a ir presentando y que se presentan en el ámbito de las actividades nucleares, en donde los hechos distorsionados cambian las relaciones entre el público y los actores de los procesos

nucleares. Ante este panorama es importante actuar para generar confianza y credibilidad.

Como nos estamos moviendo en un ámbito en el que los hechos son meras referencias, la mente y las creencias de las personas son las que imperan sobre las cosas y definen las realidades. Este es el campo en donde impera el engaño, el poder, los valores, la ideología y la inteligencia emocional.

Lo grave de esta situación es que los principios y las premisas creadas por cualquier grupo pueden verse como verdades reveladas sin ninguna discusión. Pasan al nivel estratégico problemas que deben ser dirimidos en los niveles científicos. Las verdades científicas son despreciadas por verdades creadas fuera de todo hecho probado. Los grupos de poder interactúan con diferentes finalidades creando frases o hechos de dudosa verdad. Todo es un algoritmo, sencillo y fuera de la realidad. La verdad pareciera no interesar. En este nivel todo tiene un alto contenido lógico, se razona para construir modelos falsos al estilo de un pensamiento que parte de creencias subjetivas para construir conceptos esencialmente creíbles, mediante mecanismos deductivos que usan, con gran habilidad, los procesos mediáticos.

La única herramienta de interacción con que cuenta la estrategia es la comunicación, por lo cual, la acción sobre las personas, en el marco de los fenómenos asociados con la radiación presenta dos facetas. Tenemos por un lado que explicar

► **Tabla 2. La Estrategia y los Intereses.**

LA ESTRATEGIA	LAS ACCIONES			LOS INTERESES
	1. Security	2. Safety	3. Salvaguardias	
El Conflicto	Reactor	Instalación Nuclear	Reactor	La Industria eléctrica
La política	Fuentes Huérfanas	Ciclo de Combustible	Reprocesar	Grupos Ecológicos
La Comunicación	Transporte	Residuos Radiactivos	Enriquecer	Política Internacional

con claridad nuestros actos para poder interactuar con el público y, por el otro, no podemos cometer errores científicos. Debemos así aprender que proteger al público implica ejecutar una acción que permita, por un lado conocer la problemática científica que garantice un alto nivel de seguridad a la sociedad contra las radiaciones ionizantes y, por el otro, mediante mecanismos comunicacionales proteger su percepción psicológica de la realidad, permanentemente acosada por elementos extraños con intereses particulares.

El área nuclear suele recibir acosos de grupos que esgrimen razonamientos con la intención de distorsionar la realidad, poniendo en duda los sistemas de seguridad, generando un estado de inseguridad psicológica en la población con los consiguientes daños que estos estados producen.

Estos hechos aislados requieren para su comprensión un análisis integrador, teniendo en cuenta la múltiple suma de intereses contradictorios que aparecen en el escenario político. Por eso es importante que un hecho aislado se analice dentro de un marco integrador y que no se vea dentro de un marco parcial, principalmente porque dentro de toda esta situación se podrá ver que hay diversos participantes con un juego de intereses contradictorios, que presionan para dar una visión sesgada de la realidad.

Por eso es importante estar siempre alerta sobre el juego de intereses que intentan perturbar la actitud normal que deben tener las personas hacia la actividad nuclear, pues si ellas son alarmadas sin razón se pueden llegar a generar graves prejuicios económicos y psicológicos que repercuten en la población, con el consiguiente deterioro en las actividades de los trabajadores del ámbito nuclear, debido a que éstos desvían sus esfuerzos a realizar acciones que tienden a neutralizar las falsas alarmas, descuidando sus tareas principales.

En resumen, las acciones comunicacionales que no sean debidamente neutralizadas pueden provocar daños reales en los sistemas de protección, debido a que se comienza a focalizar el esfuerzo en temas que no son relevantes y que sólo pertenecen al campo de los engaños y las falacias. Por ello es importante operar desde dos ángulos totalmente diferenciados, como ya se ha mencionado; uno es desde el punto de vista científico y otro es desde el punto de vista

“La seguridad, uno de los pilares centrales de la misión de los organismos controladores, se encontrará seriamente comprometida si las informaciones difundidas a través de los medios de comunicación son mal realizadas.”

comunicacional. El primero actúa sobre las ciencias relacionadas con las cosas y los hechos; el segundo sobre la conducta de la gente, su pensamiento y creencias. Es decir, que una autoridad regulatoria debe lograr que los tres objetivos principales, mencionados anteriormente, como parte de su misión: seguridad de la población contra los efectos de las radiaciones ionizantes, salvaguardias o cumplimientos de los tratados de no proliferación y protección física de las instalaciones nucleares, se puedan llegar a cumplir adecuadamente desde un punto de vista científico y comunicacional.

Los hechos nos han demostrado que acciones mediáticas bien construidas producen daños irreparables y, por ello, es necesario mejorar nuestro sistema de interacción con el público. Si las comunicaciones son mal realizadas, la población no entiende si se encuentra protegida y, por ello, es fácilmente manipulada por terceros que buscan fines que no concuerdan con lo que la misma población persigue. En esto

los medios de comunicación deben ser seriamente informados, no sólo desde el punto de vista científico, sino también desde el punto de vista político, en donde se pueda percibir con claridad el juego de intereses y su interacción con nuestras soluciones. De no lograrse este objetivo, la seguridad, uno de los pilares centrales de la misión de los organismos controladores, se encontrará seriamente comprometida, por no ser ésta comprendida por la población a pesar de que las evaluaciones estrictamente científicas puedan garantizar los niveles de seguridad de las instalaciones.

Por eso, dentro de esta nueva etapa es necesario actuar, frente a la sociedad y a los medios de comunicación, con fuerza, sistemáticamente y con transparencia, teniendo al periodismo como uno de los pilares del proceso de la comunicación.

Esto nos va reforzando la idea de que en el marco comunicacional, el pensamiento nuclear es sistémico y no analítico. Todos los actores deben hacer un esfuerzo para comprender su funcionamiento global y luego ver cómo cada una de las partes y/o acontecimientos se insertan en el todo.

#### 4.2 Security and Safety

Entrando de lleno en las funciones de una autoridad regulatoria, se puede pensar que cuando se habla de seguridad en toda su dimensión y, a causa de que la lengua castellana no tiene dos palabras diferenciadas, se está hablando de dos campos que el mundo ha definido como “Security” y “Safety”.

Para los de habla castellana, son términos con no mucha claridad, fundamentalmente porque los que hablamos español sólo tenemos una palabra para definir estos dos conceptos, “Seguridad”.

Pero aquí es importante realizar una diferencia entre estos dos términos. Ambos se asocian en forma alternativa por un lado a los sistemas de seguridad diseñados para evitar acciones malévolas (*Security*) y por el otro a los sistemas de

seguridad diseñados para neutralizar o minimizar los efectos de los errores provocados por los seres humanos o los efectos de los accidentes provocados por las fallas propias de los sistemas en funcionamiento (*Safety*).

#### 4.2.1 *Security: Terrorismo nuclear*

La palabra “*Security*” tiene que ver con las acciones malévolas y mal intencionadas que se realizan contra las instalaciones nucleares, como pueden ser los reactores nucleares, reactores de investigación y productores de radioisótopos, sistemas de transporte de material radiactivo, fuentes huérfanas o fuentes radiactivas de uso médico o industrial y materiales nucleares que se encuentran en los procesos del ciclo de combustible o en los propios reactores. Todas estas acciones se asocian, desde el punto de vista político, con el terrorismo nuclear. Por eso, a partir de ahora, se va a establecer una relación muy estrecha entre *Security* y acciones dirigidas a evitar el terrorismo nuclear.

El terrorismo nuclear interactúa con los otros ámbitos de la actividad nuclear. Su objetivo es producir el caos mediante dos efectos: la contaminación del medio ambiente mediante la dispersión del material radiactivo en áreas preferentemente urbanas o mediante la explosión de un artefacto nuclear. Para lograr esto necesita operar malévolamente sobre el uso del material radiactivo, en las distintas etapas que éste se encuentre, ya sea en su proceso de

transporte o en alguna de las etapas del ciclo del combustible nuclear. Puntualmente, sobre los procesos de uso, de transporte o disposición de las fuentes y de los materiales radiactivos, el terrorismo nuclear opera sobre las tres industrias nombradas previamente y, por ende, condiciona el desarrollo de éstas.

Esto genera una interacción entre las políticas internacionales y los planes de uso pacífico de la tecnología nuclear. Un ciclo de combustible, funcionando integralmente, representa una tentación a un ataque terrorista, especialmente en los puntos de fácil acceso.

Otro objetivo a destacar del terrorismo nuclear está asociado con el manejo inapropiado de “las fuentes huérfanas”. Cuando las fuentes radiactivas que se usan en las instalaciones médicas, industriales y militares, dejan de cumplir su función es importante hacer un seguimiento y control para que finalmente se depositen en lugares seguros y apropiados. La ausencia de este procedimiento puede generar dos peligros. Uno, que en forma accidental puedan ser usadas por personas que desconocen su peligro y otro, que puedan ser usadas, como bombas sucias, por personas con intenciones malévolas. Esto es una consecuencia del desconocimiento del manejo prudente y ordenado de fuentes radiactivas fuera de uso. En el mundo existe un número muy grande de fuentes radiactivas, cuya localización se desconoce. Éstas, históricamente provienen de las instalaciones nucleares, del uso

industrial, del uso médico y de aplicaciones de índole militar.

Por lo expuesto se puede apreciar que un obstáculo al desarrollo nuclear es “el terrorismo nuclear”, especialmente porque hay países que temen que el desarrollo nuclear amplíe las posibilidades de que un ataque a una central nuclear produzca un caos ambiental de difícil manejo.

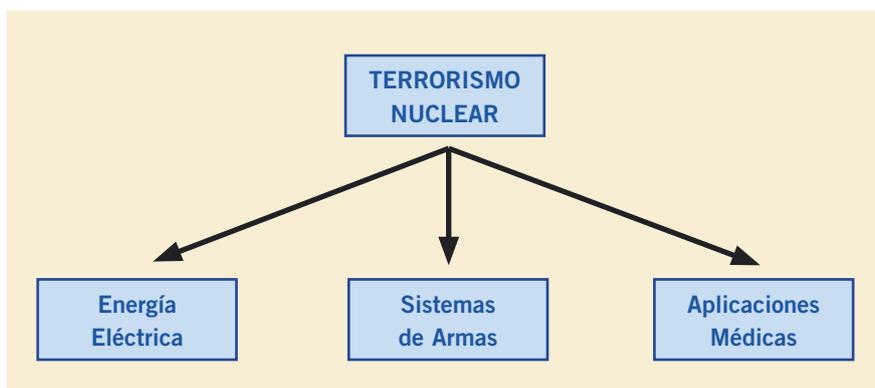
En síntesis, el terrorismo nuclear contribuye a detener el avance de la construcción de reactores nucleares por razones de seguridad.

#### 4.2.2 *Safety: Generación de energía eléctrica y el ciclo de combustible*

La generación de la electricidad por medio de la energía nuclear requiere como condición indispensable garantizar que los procesos se realicen bajo un alto nivel de “*Safety*”. “*Safety*” se refiere fundamentalmente a garantizar a la población y a los trabajadores los niveles de las radiaciones ionizantes y nucleares, específicamente a las provenientes de las instalaciones nucleares, los centros médicos, las aplicaciones industriales y los residuos radiactivos.

La *performance*, definida como el número de accidentes dividido por los años de funcionamiento de todos los reactores nucleares, desde su nacimiento hace más de cuarenta años, presenta un historial bastante transparente en cuanto a los daños que ha producido a la población. Sus procesos radiactivos son y han sido controlados exitosamente, pero la debilidad que presenta es que el control de su tecnología permite dominar también la tecnología de fabricación de los sistemas de armas de destrucción masiva. Esto genera un conflicto internacional basado en la amenaza a la Paz mundial que representa la proliferación del uso militar de la energía nuclear. Esta situación frena el uso pacífico de la energía nuclear.

Independientemente de lo expresado, la contaminación proveniente del uso militar de la energía nuclear presenta antecedentes



► **Figura 1.** Terrorismo nuclear.

perturbadores para la Humanidad. Paralelamente, si procediéramos a evaluar la radiación contaminante de todos los residuos radiactivos y de los efectos de la radiación que proviene del uso pacífico de las actividades nucleares, veremos que no se han producido daños importantes debido a que los sistemas se encuentran altamente controlados en sus procesos de operación y en los repositorios nucleares.

Las explosiones nucleares realizadas a modo de prueba en la atmósfera, los accidentes provocados en las propias instalaciones militares y en las instalaciones que manifiestamente tienen un uso dual (pacífico y militar) y los permanentes efectos radiactivos de las instalaciones para fabricar el arsenal nuclear, han producido un nivel contaminante alarmante en las poblaciones.

Nuevamente, en este escenario se produce una interrelación de fenómenos. El miedo de las personas a la contaminación radiactiva se generó por el ocultamiento de las autoridades a las poblaciones de los efectos de los ensayos nucleares que se producían en lugares cercanos a su hábitat natural. Hoy, estas autoridades y parte de los órganos de seguridad internacional han perdido una cuota de credibilidad y esto afecta seriamente al uso pacífico de la tecnología nuclear.

La Humanidad está hoy preocupada por la generación de residuos radiactivos que produce la nucleoelectricidad. Fundamentalmente por el miedo a su acción contaminante, ignorando que los hechos han probado lo contrario. Por otro lado, y sorprendentemente, hay un silencio referente a los niveles de contaminación ya generados por el uso militar de la tecnología nuclear. Los beneficios médicos, energéticos e industriales, logrados con altos niveles de seguridad durante los últimos años parecen no ser tenidos en cuenta.

La contaminación que produjeron las explosiones nucleares en la atmósfera y las que explotaron

debajo de la corteza terrestre han presentado y presentan un nivel de contaminación ambiental que produce razonablemente un estado de angustia en la población, angustia que se traslada, aunque no debería, a la presencia de los residuos radiactivos almacenados y debidamente controlados que provienen del uso pacífico de la tecnología nuclear.

#### 4.2.3 Salvaguardias: No proliferación

Desde una perspectiva estratégica, el análisis de la situación del terrorismo nuclear requiere para su interpretación una comprensión del sistema de salvaguardias o contabilidad y de la protección física de los materiales aptos para producir armas nucleares y de los tratados de no proliferación de las armas nucleares.

Salvaguardias es, en esencia, una metodología para contabilizar y controlar el material nuclear. Esto garantiza el cumplimiento de los pactos internacionales. Los entes controladores conocen el lugar, la cantidad y el uso que se hace de los materiales sensibles. Esto se hace con dos finalidades. Una, que el país productor haga uso del material con fines pacíficos y dos, impedir que grupos terroristas puedan apropiarse del material con finalidades malévolas.

Lo importante es tratar de interpretar cada tema como parte de un sistema y percibir su interrelación con el contexto integral.

#### 4.3 Intereses en juego

En estos análisis puntuales se observa cómo cada vez que introducimos una variable, ésta encuentra interrelaciones con fenómenos aparentemente desconectados. Como puede apreciarse, la actividad nuclear requiere una permanente visión sistémica del problema. Entonces la pregunta central que uno debe realizarse es cómo definimos el juego de intereses de los participantes cada vez que nos abocamos a la necesidad de interpretar un

problema. ¿Qué intereses son los que participan dentro de “todo este escenario”?

Entre los primeros juegos de intereses a tener en cuenta está el que naturalmente producen los participantes de la industria nuclear. Las empresas de esta industria compiten entre sí. Esta competencia tiene una particularidad. El más mínimo fallo de los sistemas de seguridad de uno de sus participantes desacredita no sólo a la empresa que comete el fallo si no a la industria como un todo. El caso de Chernobyl es un buen ejemplo. Es un accidente producido por un reactor fabricado y operado por la industria nuclear de la Unión Soviética. Las empresas nucleares occidentales no participaron en el diseño de este reactor, pero el accidente impactó fuertemente a toda la industria nuclear, con un deterioro de su imagen y de su capacidad para desarrollar centrales nucleares seguras y confiables. Esto, técnicamente, es un accidente de la industria nuclear rusa no totalmente involucrada en el uso pacífico de la energía nuclear. Chernobyl era una central diseñada con una doble finalidad, por un lado, producir energía eléctrica y por el otro lado obtener plutonio para ser usado por la industria militar rusa.<sup>(2)</sup>

El otro grupo de intereses que participa en este conflicto, son los productores de energía convencional, como las carboníferas o las petroleras y las llamadas complementarias, como las eólicas, las solares y otras. Todos estos grupos defienden sus intereses, que se entrecruzan con los intereses nucleares generando de por sí un escenario difícil de analizar.

Si se intenta analizar la evolución de la industria nuclear de los Estados Unidos nos vamos a encontrar con una incierta interpretación de los hechos por las características complejas que presenta la actividad nuclear. A finales de la

<sup>2</sup>International Atomic Energy Agency, Radiation, people and the environment. IAEA, Austria, 2004.

década de los cincuenta comienza la fabricación de reactores nucleares e, inexplicablemente después de un ritmo apasionante de construcciones, en el año 1973 se coloca la última orden de compra y hoy, 32 años después, aparece un mensaje proveniente del gobierno americano de que se reiniciaría el proceso de fabricación.<sup>(3)</sup>

El periodo dinámico de esta industria fue menor de 20 años. Se observa que en ese periodo la energía nuclear generó el 20% de la generación eléctrica norteamericana. Estimaciones realizadas en los años 1978/79, por diferentes trabajos científicos, indicaban para finales del siglo veinte una participación de un 80% de la industria nuclear en la generación total de la energía eléctrica.<sup>(4)</sup>

Las estimaciones sobre la opción del carbón como una alternativa para generar electricidad indicaban una caída en su participación, debido a que era una industria poco rentable y altamente contaminante. También en aquella época se vaticinaba que la opción del uso del petróleo no sería una opción a tener en cuenta por considerarse un insumo que, para los Estados Unidos, era un símbolo de dependencia. También se pensaba que era un mercado escaso con una tendencia a la subida del precio que produciría un freno al desarrollo económico. Nada de esto pasó. El petróleo no subió el precio durante muchos años. El carbón se sigue usando como opción energética y la industria nuclear se detuvo. ¿Qué estructuras de poder cambiaron este posible escenario? ¿Por qué se detuvo? Sorprendentemente se observa que en Estados Unidos, a partir de 1973, no se ha emitido una nueva orden de compra para un reactor nuclear.

Un tercer enfoque se refiere al grupo de intereses que representan los países autorizados a poseer ar-

mas de destrucción masiva. Poseer la tecnología de uso pacífico de la energía nuclear implica automáticamente tener la capacidad del desarrollo de la tecnología militar con su consiguiente implicación en la participación de los esquemas de poder existentes en el mundo y en la construcción de las políticas internacionales que regula el funcionamiento de los estados.

“Si bien el tema de la contaminación ambiental está resuelto, todavía hay dos problemas sin resolver que son: el terrorismo nuclear y la construcción de armas nucleares de destrucción masiva.”

El análisis internacional del uso pacífico de la energía nuclear no puede excluir los factores de poder mundial dominante. En el mundo práctico, sólo cinco países están autorizados a tener armas nucleares, ellos son, los Estados Unidos, Francia, Inglaterra, China y Rusia. Estos países son los únicos miembros permanentes del Consejo de Seguridad y que poseen el derecho al veto. Allí podremos llegar a encontrar esta profunda relación que hay entre tener la capacidad de desarrollar un sistema de armas de destrucción masiva de origen nuclear, con las cuestiones del poder, las políticas internacionales, las estructuras militares, la tecnología y la economía, percibiendo que estas relaciones se encuentran totalmente imbricadas unas con otras.

Otros tres países forman parte del grupo de poseedores de un sistema de armas nucleares, pero en el marco internacional, “no están autorizadas” a tenerlas, ellos son Pakistán, la India e Israel y otros dos que aparentemente intentan poseerlas, La República de Irán y Corea del Norte.<sup>(5)</sup>

A todo esto hay que incluir como otro foco de conflicto permanente, a los grupos ecológicos, que no sabemos si responden a algunos de los grupos de intereses descritos previamente o constituyen un grupo de interés independiente orientado a satisfacer demandas psicológicas de la población. Un hecho cierto es que raramente en los temas de radiación hacen observaciones científicamente consistentes.

En síntesis, esta es una industria altamente competitiva, la cual enfrenta muchos juegos de intereses ajenos a su propio ámbito natural de competencias.

Este es el escenario que enfrenta la Industria Nuclear. Atacada por diferentes grupos que concentran su accionar en resaltar los peligros de la contaminación ambiental producidos por un accidente nuclear en donde los efectos de la radiación se encuentren fuera del control. Independientemente de que los hechos muestren niveles de seguridad y contaminación mucho más bajos que otras industrias, la sensación de inseguridad se ha instalado en la población. Por lo cual, desde el punto de vista ecológico, podremos imaginarnos un futuro con una mayor participación nuclear, cuando la sociedad empiece a tomar conciencia de los probados niveles de seguridad que presenta esta actividad.

Pero si bien el tema de contaminación ambiental está resuelto, todo esto no es tan perfecto, porque todavía se mantendrán dos problemas sin resolver: uno de ellos es el terrorismo nuclear y el otro es la construcción de armas nucleares de destrucción masiva.

Estas dos variables continúan siendo graves porque el desarrollo tecnológico de uso pacífico implica y potencia la posibilidad del desarrollo militar. Esto genera suspicacias y contradicciones. Esto es y será un freno importante.

Finalmente, en la tabla 2, se puede apreciar de forma sintética las acciones que deben tomarse para

<sup>3</sup>United States Nuclear Regulatory commission, Information Digest, Nureg 1350 Volume 16, 2004.

<sup>4</sup>WAES. Energy. Global Prospects 1985 -2000, MIT, Mass, USA. 1977.

<sup>5</sup>[www.cinu.org.mx/onu/estructura](http://www.cinu.org.mx/onu/estructura).

mitigar los problemas que genera la actividad nuclear. Todos tienen una profunda interrelación ya que este pensamiento no es lineal sino sistémico.

### 5. Fuerzas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas

Este escenario también lo podemos plantear dentro de lo que se denomina el FODA, esto quiere decir Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.

Desde ese lugar uno se pregunta cuál es el posicionamiento del uso pacífico de la actividad nuclear, como generadora de energía eléctrica, con todos sus aportes, y como uso en las aplicaciones médicas e industriales.

#### 5.1 Amenazas

Las amenazas deben analizarse desde un punto de vista que excede el control y la evaluación científica de las instalaciones. La industria nuclear se encuentra actualmente con tres grandes amenazas, algunas de ellas apartadas de las evaluaciones estrictamente técnicas. Ellas son:

- El terrorismo nuclear. Ante esta amenaza es necesario mejorar el nivel de la protección física de las instalaciones para prepararse y poder repeler los posibles ataques terroristas no previsibles, que se puedan llegar a realizar contra las instalaciones nucleares.

- La fuerte competencia con la industria alternativa. Originada preferentemente desde los centros de producción petroleros.

- Los grupos ecológicos. Estos crean escenarios virtuales en las instalaciones con rasgos falsos de peligrosidad, diseñados por algunos grupos ambientalistas, que aparentando perseguir objetivos de preservación del medio ambiente son, en realidad, asociaciones que alternativamente responden a algunos de los grupos de intereses descritos previamente.

#### 5.2 Oportunidades

Respecto a las oportunidades mencionadas dentro del FODA, pareciera que hay una llamada de

● **Tabla 3.FODA.**

Amenazas	Oportunidades	Fortalezas	Debilidades
Terrorismo Nuclear	Calentamiento Global	Seguridad en operaciones	Impacto Ambiental
Energías Alternativas	Polución	Tecnología con usos Múltiples	Imagen Deteriorada
Grupos Ecologistas	Incremento de la Demanda	Eficiencia Económica	Tecnología con aplicación Militar

atención a nivel mundial. Se puede confiar (de nuevo) en la energía nuclear como una posible salida para satisfacer la demanda de energía eléctrica. El escenario mundial presenta para tal actividad tres oportunidades.

La primera tiene que ver con un crecimiento mundial de la demanda eléctrica. Se prevé un incremento de la tasa de crecimiento. La segunda oportunidad tiene que ver con un calentamiento global y la tercera con la polución atmosférica.

Es bueno puntualizar que todo generador energético siempre es contaminante. El ser humano, es un generador energético, necesita alimentos y los utiliza como combustibles para procesarlos, mantener la temperatura de su cuerpo, y luego los elimina como residuos contaminantes.

Lo importante es diseñar sistemas que posean el mínimo nivel de contaminación, de allí el excelente posicionamiento de la energía nuclear frente a las centrales de carbón, las centrales eléctricas que usan petróleo, las centrales de gas, etc., cada una de ellas impacta puntualmente dentro del medio ambiente con un nivel de contaminación y calentamiento de la atmósfera superior a las centrales nucleares.

Hay sistemas que poseen un aparente nivel bajo de contaminación como son los generadores solares o eólicos, pero su ecuación económica no resulta beneficiosa. Es costumbre ignorar en la evaluación de la contaminación el proceso de fabricación de las instalaciones que son altamente contaminantes. Los molinos eólicos requieren para

fabricarlos un proceso industrial que es bastante complejo. El 90% del costo de la producción de la energía eólica es precisamente la fabricación de las instalaciones.

Por esta razón, cuando integramos los procesos debemos tener una mirada constructivista y sistémica.

#### 5.3 Fortalezas

Los hechos demuestran a nivel internacional y especialmente a nivel nacional que, científicamente, el uso pacífico de la energía nuclear trabaja en niveles de contaminación que no generan peligro para la salud humana y, por ende, no contaminan el medio ambiente.

Los niveles de seguridad que presenta la industria nuclear, sabiendo que el grado cero es un imposible, son netamente superiores a otros sistemas de energía, tales como la industria carbonífera o petrolera.

La cantidad de accidentes nucleares producidos desde la creación de ésta industria son pocos, uno importante: Chernobyl. Esta central, como ya dijimos, desde su origen fue de aplicación dual; producía material para uso militar, como plutonio y generaba energía eléctrica. Los diseños y los tiempos militares son diferentes y por tanto, los sistemas de seguridad no presentan la misma atención.

Si definimos como contaminación aquello que produce daño a la persona, la industria nuclear no contamina. Riesgo de contaminación es aquello que tiene una probabilidad medible de generar daño.

Tres ventajas presenta entonces la actividad nuclear:

— Registra un nivel de accidentes netamente inferior a cualquier otro proceso clásico de generador energético. En su proceso operacional no produce calentamiento global ni contaminación del medio ambiente.

— La actividad nuclear genera tecnologías de usos múltiples. Está claro tras esta pequeña visión, y sintetizando la problemática nuclear, se puede decir que la actividad nuclear produce un desarrollo multifacético de la tecnología en áreas tales como la tecnología médica, la tecnología en todos los campos de la ingeniería y los relacionados con las capacidades del *management*.

— Su eficiencia económica se encuentra probada.

Opciones futuras se están analizando usando los reactores nucleares para generar hidrógeno, con la tendencia de eliminar la contaminación que en la industria automovilística producen las gasolinas.

El calentamiento global es un problema para las centrales que usan carbón, petróleo o gas, pero no lo es para las que usan la energía nuclear.

Si el calentamiento global continúa, la temperatura del medio ambiente aumentará y la altura de las aguas subirá y ésto, para muchos países, será inaceptable.

#### 5.4 Debilidades

La tecnología nuclear posee una característica central, dominarla implica automáticamente controlar la capacidad de su uso militar. Esto se transforma en una debilidad en el contexto internacional por la cantidad de acuerdos que la condicionan. Algunos países usan esta tecnología con fines militares. Esto genera suspicacia especialmente para aquellos países que no se encuentran autorizados para desarrollar tecnologías para usos militares. Recordemos que sólo cinco países, miembros permanentes con derecho al veto en el consejo de seguridad de las Naciones Unidas, están autorizados a desarrollar sistemas de armas nucleares de destrucción masiva.

La segunda debilidad se presenta como consecuencia de la imagen deteriorada que tiene la actividad nuclear; no uniforme y variable dependiendo de cada país. Diferentes situaciones tienen relaciones indirectas con distintos grupos de presión (grupos ecologistas) que descalifican a la industria nuclear. Esto ocurre en los países cuyas instituciones son poco fiables. Francia no presenta una imagen deteriorada. El 80% de su energía eléctrica es nuclear, mientras que Italia no tiene ningún reactor generando electricidad. Cada país, un problema, que implica una actuación variable de los grupos ecológicos. La pregunta es ¿a qué se debe esto? Esto requiere un análisis independiente y complejo, que no es del alcance de esta breve exposición.<sup>(6)</sup>

Dada la complejidad de esta actividad, se requiere estar muy alerta para poder discriminar las características de un evento. Si es un problema que afecta a la seguridad o una maniobra política dirigida a detener el desarrollo nuclear de un país.

La palabra “ecología” no es una palabra absoluta, es una palabra relativa. Adquiere importancia cuando se analizan opciones para resolver los problemas. En el caso del uso de la energía nuclear para generar electricidad, ésta es ecológicamente superior a cualquier otro generador clásico de energía. Independientemente de lo expresado produce un impacto ambiental propio de su dimensión multifacética. A diferencia de otros generadores de energía, posee una potencialidad tecnológica que la capacita para crear armas de destrucción masiva.

<sup>6</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Boiling\\_water\\_reactor](http://en.wikipedia.org/wiki/Boiling_water_reactor).



► **Figura 2.** Sólo cinco países están autorizados a desarrollar sistemas de armas nucleares de destrucción masiva.

Esto de por sí alarma a la población al comparar el uso pacífico de esta energía con la visión de las bombas atómicas que explotaron en el mundo. Otro hecho de contaminación psicológica instalada en la sociedad es la sensación que se tiene ante la posibilidad de un ataque terrorista o un fallo humano o técnico en los reactores.

La debilidad se asocia con el terrorismo nuclear. Una cosa es hablar de “la amenaza” que tiene y otra muy diferente es “la debilidad” que intrínsecamente tendría ya que no puede llegar a garantizar un 100% de seguridad ante un acto de terrorismo nuclear, que para algunos se interpreta como una acción nefasta.

Nuestra conclusión final es que la actividad nuclear se ha detenido y su causa no se relaciona ni por las debilidades y ni por las amenazas que tiene este sistema. En un análisis sistémico percibimos un conjunto de intereses tanto políticos, militares, como económicos, dirigidos a detener el proceso pero que a pesar de todo no son de fácil comprensión.

**6. El proceso de decisión**

Frente a la dimensión de la problemática descrita previamente, nuestra pregunta es cómo debemos decidir frente a este contexto. De acuerdo con la tabla 4 debemos analizar los problemas, razonando con las tres lógicas tradicionales.

La lógica estratégica es una racionalidad volitiva en donde:

- El objeto de estudio es la ideología imperante en un escenario que se expresa por los sentimientos, los intereses, los valores, las creencias, los amores y los odios de las personas,
- El proceso de decisión se basa en la prueba y el error, y
- El futuro se presenta como incierto.

La estrategia no dirime en la lógica de lo que vamos a hacer o a donde queremos ir, trabaja sustancialmente en la idea de lo que somos y lo que son y, fundamentalmente, en lo que queremos ser y en lo que quieren ser. El mundo será lo que nosotros seamos, de allí su visión de largo plazo y su capacidad integradora. No tiene nada que ver con el movimiento de las cosas ni con su lógica.

Los objetos y las cosas tienen una lógica que la podemos definir como táctica. La lógica táctica observa los hechos y los fenómenos, los mide y determina su comportamiento estadístico. Es la base de sustentación del pensamiento científico.

Cuando el ser humano razona con una lógica científica diremos que razona con un mecanismo de causa y efecto propio de los ámbitos donde el conocimiento es estructurado y completo. De esta manera, razonando con una lógica científica, y a modo de ejemplo, podemos decir que A es mayor que B y éste que C, por lo tanto, A es mayor que C y esto pasa a ser comprobable y luego irrefutable. El problema está en que cuando más estructurado sea un análisis menos significado tiene, tal cual hemos visto en el análisis de A, B y C.<sup>(7)</sup>

◉ **Tabla 4. Las lógicas en el proceso de decisión.**

Lógica	Objeto de análisis	Mecanismo de interacción	Conocimiento Deseado	Finalidad
Estratégica	Los intereses	La Comunicación	Los valores y la ideología	Entender los hombres
Táctica	Los hechos	El lenguaje natural	Recopilación histórica de los hechos. La heurística	Entender cómo funcionan las cosas
Científica	El raciocinio	Los algoritmos	La relación causa y efecto de los hechos. La ciencia	Entender por qué funcionan las cosas

Nosotros dentro de la actividad nuclear trabajamos con una simbología muy clara, muy precisa y muy concreta que se ajusta a este sistema de pensamiento. Esta simbología no es comprendida por la población a la cual servimos. Los lenguajes son muy precisos pero con poco significado cultural.

La cultura de las sociedades cambian, las ideologías no son permanentes, pero su funcionamiento pareciera ser que sí. A lo largo de la Historia se puede observar que permanente las actitudes, las ideologías o los valores se imponen sobre las realidades científicas, especialmente cuando éstas se oponen a las percepciones que las poblaciones han venido sosteniendo. Para aclarar este concepto podemos presentar un ejemplo histórico. Galileo Galilei hace unos 380 años revalorizó el sistema copernicano y mostró los errores del pensamiento de Tolomeo.

Recordemos que todo el mundo en esa época sostenía, al igual que Tolomeo, que el sol y los demás planetas giraban alrededor de la Tierra, él fue el que adscribió al pensamiento de Copérnico quien sostenía que la Tierra giraba alrededor del Sol. Desde hace tiempo sabemos que su razonamiento fue correcto, pero la concepción geocéntrica imperante en su época impidió ver la realidad física. Las explicaciones presentadas por Galileo fueron contundentes, pero el pensamiento estratégico siempre es más poderoso que el táctico. En la táctica se razona con los hechos. Las ideologías de la

época rechazaron el pensamiento científico.

Las ideologías, esencia del pensamiento estratégico, se construyen sobre los sentimientos y emociones propios de los seres humanos y son más fuertes que la propia realidad, por lo que los hechos probados científicamente que se oponen al sentir de los pueblos no son aceptados. Estos, normalmente, alegan que no poseen formación científica para entenderlos y entonces rechazan la evidencia y terminan dándole una interpretación emocional a los hechos. Esta realidad es la que enfrenta hoy la actividad nuclear. Su misterio, antes, era el signo de su respeto. Hoy es el signo de la duda.

Nosotros sabemos que esta actividad maneja tecnologías punta y posee bajísimos niveles de impactos ambientales, hechos éstos, respaldados por un historial experimentalmente verificable. Este historial prueba que los reactores nucleares son mucho más seguros que cualquier otro generador de energía eléctrica que hay en el mundo. En el pensamiento estratégico de la población, esto no es aceptado.

Por eso creemos que es lógico rescatar esta historia de Galileo Galilei que desde un planteamiento idealista hacía un análisis táctico de los hechos en contra de una civilización que durante miles de años tenía una concepción geocéntrica del mundo.

Hoy todo es más complicado, la revolución de las tecnologías, y especialmente la que se produjo dentro de las comunicaciones ha creado un “mundo mediático”.

<sup>7</sup>Simon, Herbert The new science of management decision, Prentice Hall, Englewood Cliff, 1977.

Esta es una civilización en la cual la gente muchas veces se niega a aceptar la realidad, a pesar de las evidencias, otras veces se niega a ver los hechos y muchas veces se limita casi exclusivamente a sentir.

Desde una posición racional es difícil entender que los sabios de la Iglesia después de someter a Galileo a un juicio de 16 años no hayan comprendido la verdad de los hechos. Nosotros creemos que la Iglesia de esa época conocía que la Tierra giraba alrededor del Sol. La Iglesia contaba con sacerdotes que integraban lo mejor del conocimiento científico e intelectual de la época, pero era evidente que era muy difícil convencer a una civilización que durante miles de años había aceptado que el Sol giraba alrededor de la Tierra y no que la Tierra giraba alrededor del Sol.<sup>(8)</sup>

Simplificando el planteamiento global, podemos decir que en todo proceso de interacción con la sociedad, lo más importante es conocer su esquema ideológico para, partiendo de esa posición, poderle transmitir el conocimiento científico y su correcta aplicación. La transmisión de la información científica debe sustentar el proceso de comunicación, pero esto significa construir una relación basada esencialmente en la dimensión cultural entre las autoridades de los órganos reguladores, los directores de las

empresas del área, los empresarios, los ingenieros, los científicos y los técnicos de la actividad nuclear y la población en general.

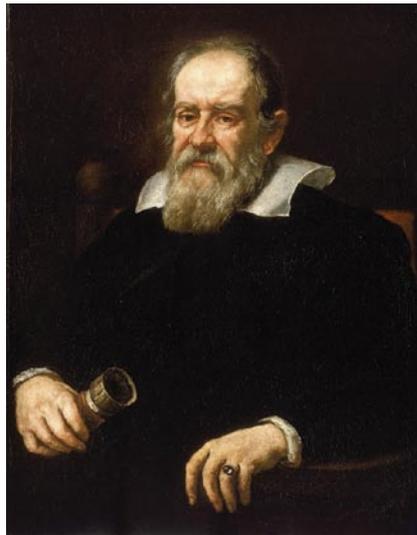
Todo esto requiere un proceso de inteligencia para entender cómo funcionan las estructuras mentales de las poblaciones y así poder tomar medidas preventivas para neutralizar los efectos adversos generados por las acciones psicológicas diri-

gidas a generar temores y hasta, en algunos casos, pánicos.

Para ir terminando, es importante recalcar que la ideología es entonces un conjunto de creencias, ideas y actitudes con una jerarquía ordenada, que terminan infundiendo pasión y llamando al sacrificio. Son instrumentos de manipulación, básicamente cuentan con propuestas sencillas que son grandes simplificadoras de la realidad.

Estas ideologías antinucleares se conservan aún y, lamentablemente, no se espera una rápida revisión dentro del siglo XXI. Las ideologías tienen un lenguaje común muy simplificado, es casi como si se escribieran sus conceptos en taquigrafía. La gente entiende el significado de las frases y por ello se mueve. El mundo mediático está construido por un conjunto interminable de frases impactantes: el mundo va a ser globalizado, el terrorismo es la gran amenaza, los derechos humanos, la seguridad jurídica, la energía nuclear contamina y produce inevitablemente cáncer, la energía nuclear genera malformaciones, la energía nuclear es una corporación, los desechos radiactivos no se pueden manejar, etc. Son frases, siempre con un gran sentido ético. El que las tiene incorporadas en su lógica es muy difícil que cambie. Esto es aprovechado por grupos de intereses para generar desequilibrios o producir acciones en contra de las propias aspiraciones de aquellos que las defienden. 

“Un ejemplo de cómo cambia la cultura de las sociedades lo tenemos en Galileo Galilei, quien revalorizó el sistema de Copérnico y mostró los errores del pensamiento de Tolomeo.”



► Figura 3. Galileo Galilei.

<sup>8</sup>[http://es.wikipedia.org/wiki/Galileo\\_Galilei#Problemas\\_con\\_la\\_Inquisici](http://es.wikipedia.org/wiki/Galileo_Galilei#Problemas_con_la_Inquisici).

 Carmen Rueda\*

# Aplicaciones de los radioisótopos y evolución de las técnicas

Un momento de conmemoraciones como el actual es ideal para hacer un análisis de las aplicaciones de los radioisótopos y de la evolución que han tenido las técnicas de uso de los mismos durante los últimos 25 años. En el artículo se analizan las distintas

prácticas con radioisótopos resaltando cuáles se han ido, o se están, abandonando progresivamente, y cuáles han ido surgiendo a lo largo de los últimos años, indicando también, cuando es posible, las razones del cambio y las ventajas asociadas al mismo.

## 1. Introducción

Se entiende por isótopos los átomos de un elemento con el mismo número atómico pero con distinta masa atómica, es decir, con el mismo número de protones y por tanto idénticas propiedades químicas, pero distinto número de neutrones y diferentes propiedades físicas.

Los isótopos pueden ser estables e inestables o radioisótopos, teniendo los núcleos de éstos últimos la propiedad de emitir energía en forma de radiación ionizante a medida que buscan una configuración más estable. En la naturaleza existen 82 elementos y alrededor de 300 isótopos estables de estos elementos.

Los radioisótopos, o isótopos inestables, que pueden ser a su vez naturales, de la serie del uranio y del torio, o producidos artificialmente en reactores o ciclotrones, pueden llegar a ser unos 1.800 de

los cuales, más de 200 se han utilizado en alguna aplicación práctica.

## 2. Procesos de fabricación

Los radioisótopos pueden fabricarse de varios modos, en un reactor y en un ciclotrón o acelerador de partículas.

El método más común es por activación neutrónica en un reactor nuclear, esto implica la captura de un neutrón por el núcleo de un átomo, lo que lleva a un exceso de neutrones en el mismo.

Otros radioisótopos se producen en un acelerador lineal o en un ciclotrón en los que lo que se introduce en los núcleos son partículas cargadas, resultando átomos con defecto de neutrones. La diferencia entre ambos está en el tipo de camino recorrido por las partículas, que en el primer caso es lineal y en el segundo prácticamente circular.

En la tabla 1 se dan indicaciones del modo de producción de alguno de los radioisótopos más usuales.

Existen en el mundo unos 250

reactores, 60 de los cuales producen radioisótopos comerciales, siendo Canadá el exportador principal seguido de Sudáfrica, Rusia, Argentina, Bélgica y Holanda.

El procesamiento de estos isótopos se realiza en menos de 10 empresas situadas, además de en los países mencionados, en Estados Unidos. La distribución mundial se lleva a cabo por miles de empresas, siendo la mayoría de ellas parte de la red comercial de unas pocas empresas multinacionales.

En España actualmente, a excepción del fluor-18, no hay fabricación de radioisótopos comerciales.

## 3. Propiedades de los radioisótopos

Muchas son las propiedades de los radioisótopos que los hacen útiles en aplicaciones tan variadas. Recordemos algunas de estas propiedades:

- Impresionan placas fotográficas.
- No modifican el comportamiento químico de las moléculas a las que marcan.

\* Carmen Rueda es Licenciada en Ciencias Químicas, con 25 años de experiencia como supervisora de instalaciones radiactivas. carmen.rueda@telefonica.net

► **Tabla 1. Métodos de producción de radioisótopos**

Radioisótopos producidos en Ciclotrón	Radioisótopos producidos en reactor	Radioisótopos generados a partir de otros radioisótopos
Tl-201, Ga-67, I-123, F-18, Pd-103, Co-57	Mo-99, I-131, I-125, Xe-133, C-14, Ir-192, Co-60, Sr-90, Sm-153, Na-24	Tc-99m(Mo-99), Y-90 (Sr-90)

- Emiten radiación que permite seguirles la pista.

- Producen daños o cambios en la estructura celular de los organismos irradiados.

- Producen cambios físicos en las propiedades de algunos materiales.

- Provocan fenómenos de luminiscencia.

- Provocan fenómenos de ionización.

- Son fácilmente detectables mediante equipos adecuados.

- Son capaces de penetrar en objetos sólidos atravesando espesores considerables.

- Poseen parámetros característicos que los identifican (energía de emisión y periodo de semidesintegración).

#### 4. Aplicaciones de los radioisótopos

Desde la primera utilización práctica de un radioisótopo en 1911 por George de Hevesy, en una pensión de Manchester, para demostrar que su patrona reutilizaba los restos de comida, práctica que no superaría actualmente el principio de justificación, hasta nuestros días, en los que la utilización de los mismos está ampliamente extendida en campos tan variados, aunque no es tan conocida por el público como sería deseable, ha pasado casi un siglo durante el cual las técnicas han ido evolucionando y se han ido superando, en su caso, los inconvenientes originales asociados a su uso.

Un resumen de las aplicaciones actuales más importantes de los radioisótopos se muestra en la tabla 2.

#### 5. Marco legal de la utilización de radioisótopos

La utilización de radioisótopos en sus distintas aplicaciones está muy regulada. No es posible la adquisición de material radiactivo

para cualquier aplicación. Los controles por parte del Consejo de Seguridad Nuclear a través de los suministradores, que tienen la obligación de informar trimestralmente acerca del destino del material suministrado, son exhaustivos y todos los usuarios saben que es necesario aportar previamente las correspondientes autorizaciones para posesión y uso de un radionucleido y actividad determinada en caso de necesitar su adquisición.



► **Figura 1.** Equipo de gammagrafía con sus accesorios.

En cuanto a la evolución de las técnicas, la sustitución de unos radioisótopos por otros para la realización de una práctica trae consigo la necesidad de modificación de las autorizaciones de instalación radiactiva que poseen los usuarios y a su vez, en la concesión de estas autorizaciones se tiene en cuenta el principio de justificación, siendo necesario demostrar por parte del promotor de la nueva práctica que la utilización propuesta de los radioisótopos aporta ventajas en relación con el detrimento de la salud que se pudiera ocasionar con la misma.

#### 6. Evolución de técnicas con radioisótopos

##### 6.1 En la Industria

En la Industria utilizan isótopos radiactivos:

- Las empresas de ensayos no destructivos para gammagrafía, o

radiografiado de piezas y soldaduras.

- Los laboratorios de calidad de la construcción para medidas de densidad y de humedad de suelos.

- Las plantas industriales, industria química, alimenticia, refinerías, cementeras, siderurgias, fábricas de cartón, papel, plástico etc. para control de sus procesos de producción.

- Las empresas de tratamiento de material fungible para su esterilización.

##### 6.1.1. En gammagrafía

En gammagrafía los radioisótopos se utilizan para inspección de piezas y soldaduras como un método más de ensayos no destructivos al igual que los de líquidos penetrantes, partículas magnéticas, ultrasonidos o corrientes inducidas.

El radioisótopo se coloca a un lado del objeto que se quiere inspeccionar y al otro lado se coloca una película radiográfica sobre la que la radiación, tras atravesar el objeto, deja una imagen que muestra los fallos internos sin dañar la pieza que se analiza.

Para este fin se utilizan también, alternativamente, equipos de rayos X, siendo la gammagrafía la técnica de elección en muchos casos por ser los equipos más ligeros y no necesitar suministro eléctrico, tener una mejor accesibilidad a sitios complicados y ser de puesta en marcha más rápida y sencilla y de averías menos costosas.

Los rayos X presentan sin embargo la ventaja de proporcionar un mayor contraste en las imágenes y una mayor seguridad, ya que solo emiten radiación cuando están en funcionamiento.

La diferencia de calidad en las imágenes gammagráficas con respecto a las de los rayos X se acusa más cuanto menos cromatismo

Tabla 2. Utilización de los radioisótopos.

Radioisótopo	Utilización en la industria	Utilización en la Medicina	Utilización en la Investigación	Utilización en otros campos
Am-241	Análisis de plomo en pinturas. Uniformidad de espesores en industria del papel. Prospecciones petrolíferas. Eliminación de electricidad estática.			Detectores de humo.
C-14			Estudios metabólicos.	Arqueología. Agricultura. Medio ambiente.
Ca-47			Investigación biomédica.	
Cd-109	Análisis de aleaciones.			
Cf-252	Detección de humedad de suelos.			Inspección de equipajes.
Cm-244	Industria minera para análisis del material extraído.			
Co-57		Diagnóstico de anemia perniciosa.		Fuente de referencia.
Co-60	Esterilización de material quirúrgico. Gammagrafía industrial. Control de procesos.	Radioterapia.		
Cr-51		Estudios de supervivencia de hematíes.	Marcajes celulares.	
Cs-137	Control de oleoductos. Control de procesos industriales.	Radioterapia intracavitaria. Irradiación de sangre.		Fuente de referencia.
Fe-55	Análisis de soluciones de electroplateado.			
Ga-67		Detección de tumores e infecciones.		
H-3			Estudios metabólicos.	Esferas luminosas. Señales de emergencia. Hidrología.
I-123		Diagnóstico de enfermedades tiroideas.		
I-125		Radioinmunoensayo.	Investigación biomédica.	
I-129				Fuente de referencia.
I-131		Diagnóstico y tratamiento enfermedades tiroideas.		
Ir-192	Gammagrafía.	Terapia intersticial e intracavitaria.		
Kr-85	Medida de espesores de plásticos, metal, goma, textiles, papel. Luces indicadoras Medida de nivel de polvo y contaminantes.			
Na-24	Localizador de fugas en tuberías.			

► **Tabla 2. Utilización de los radioisótopos. (Continuación)**

Ni-63	Reguladores de voltaje y protectores de elevaciones de tensión en dispositivos electrónicos.			Detección de explosivos.
P-32			Genética y biología molecular.	
P-33			Genética y biología molecular.	
Pd-103		Terapia intersticial.		
Pm-147	Control de espesor de plásticos, lámina metálica, goma, tejido y papel.			
Po-210	Eliminación de electricidad estática.			
Pu-238	Industria aeroespacial.			
Ru-106		Terapia oftálmica.		
S-35			Genética y biología molecular.	
Se-75	Gammagrafía industrial.		Estudios de proteínas.	
Sm-103		Tratamiento paliativo del dolor.		
Sr-89		Tratamiento paliativo del dolor.		
Sr-90	Control de llenado de cigarrillos.	Terapia de superficie.		
Tc-99m		Estudios diagnósticos en medicina nuclear. Cerebro, hueso, pulmón, hígado, bazo, riñón, flujo sanguíneo.		
Th-229				Luces fluorescentes.
Tl-201		Cardiología nuclear.		
Tl-204	Control de polvo y contaminantes en filtros. Espesor de plásticos, metal (láminas), goma, textiles, papel.			
U-235	Combustible para centrales nucleares. Industria naval.			
Xe-133		Estudios de ventilación pulmonar.		

tenga la radiación gamma, es decir, cuantas menos líneas tenga su espectro característico. De los radioisótopos utilizados es el selenio-75 el que produce radiografías de mayor contraste al ser el suyo el más parecido al espectro de rayos X. Le sigue el iridio-192, y después el cobalto-60 y el cesio-137.

Éste último, con solo una línea espectral gamma de 662 KeV, produce las imágenes peor contrastadas y con la menor definición. Además, al ser las fuentes de este isótopo fabricadas con el elemento en forma de sal, absorbida en una matriz cerámica para evitar problemas de contaminación,

y no con el elemento radiactivo en estado puro, tienen una menor actividad específica y, por tanto, mayor tamaño.

Respecto a la evolución de las técnicas, por los motivos anteriormente expuestos, la gammagrafía industrial abandonó pronto la utilización de cesio-137 para centrarse

en el iridio-192 de mayor número de líneas espectrales, que presenta la ventaja de poder ser encapsulado en fuentes de dimensiones reducidas y de una actividad específica mayor y proporcionar por tanto imágenes más nítidas.

Tiene el inconveniente respecto al cesio-137 de tener un periodo de semidesintegración sensiblemente menor (74 días frente a 30 años) que hace necesaria la sustitución periódica de las fuentes, operación que tiene que ser realizada en instalaciones especiales debido a la alta actividad involucrada en el proceso y que por tanto obliga a interrumpir los trabajos en campo para permitir la recarga de los equipos y poder reducir por tanto los tiempos de exposición.

Durante unos años empezó a apuntarse el iterbio-169 como radioisótopo a elegir para radiografiado de pequeños espesores (acero hasta 15 mm de espesor y aleaciones ligeras hasta 45mm) dejando el iridio-192 para espesores medios (acero de 12 a 60 mm de espesor y aleaciones ligeras hasta 190 mm) pero no tuvo un uso muy extendido debido a su alto precio y en los últimos años ha sido sustituido por el selenio-75 que, con un periodo de semidesintegración mayor que el del iterbio-169 (120 días frente a 32 días), con un amplio espectro y más asequible económicamente, empieza a utilizarse para este tipo de trabajos.

El cobalto-60 ha sido y sigue siendo la opción única cuando se trata de radiografiar grandes espesores (más de 60 mm de acero y 190 mm de aleaciones ligeras).

La utilización del cesio-137 en este sector se limita en la actualidad exclusivamente a hacer de "testigo" exterior en la utilización de los llamados *crawlers*, que son básicamente gammágrafos que discurren a través de tuberías y que se paran para realizar las exposiciones en puntos previamente elegidos donde hay una soldadura e indicados por la fuente testigo.

### 6.1.2. En los medidores de humedad y densidad

Los radioisótopos tienen un amplio uso en obras públicas en lo que se conoce como técnicas de medida de humedad y densidad de suelos.

En la compactación de suelos por apisonado se requiere que la densidad obtenida sobrepase un determinado valor conocido como "índice de Proctor" y que la humedad se encuentre dentro de ciertos valores normalizados. En el caso del hormigón asfáltico, donde el método también es aplicable, se exige que la densidad alcance un determinado valor en otra escala, "índice de Marshall" y que el volumen global de cavidades, similar a una medida de densidad, no sobrepase ciertos límites.



► **Figura 2.** Instalación radiactiva industrial.

Para las medidas de humedad se utilizan las fuentes neutrónicas de americio-241/berilio. Los neutrones, rápidos, se producen al interaccionar las partículas alfa que emite el americio-241 con los átomos de berilio y son termalizados, o moderados, al interaccionar con los núcleos de los átomos de hidrógeno, de masa similar.

Cuando una sonda conteniendo una fuente de neutrones es introducida en la tierra, la radiación es dispersada por colisiones con el suelo que la rodea. Por ser el hidrógeno, además del componente mayoritario del agua, el átomo que más dispersión produce, el número

de neutrones que vuelven al detector de la sonda está en función del contenido de agua de los suelos.

Para las medidas de densidad se utiliza el cesio-137 con técnicas basadas, dependiendo del equipo utilizado, en la retrodispersión, si la fuente y el detector se posicionan sobre el terreno cuya densidad se desea medir, o en la transmisión cuando el terreno se sitúa entre la fuente y el detector. Este método es más exacto pero obliga a practicar taladros en el suelo para introducir ambos.

Respecto a la evolución de las técnicas, el americio-241/berilio sustituyó al radio-226/berilio utilizado en las primeras aplicaciones. No se han producido otros cambios en este sector en los últimos 25 años, aunque existe una tendencia a utilizar californio-252 como fuente neutrónica.

### 6.1.3. En la medición de procesos

Los radioisótopos tienen un amplio uso industrial en lo que se conoce como "control de procesos".

Se trata de utilizar la medida de la transmisión o de la retrodispersión de la radiación al incidir en los materiales, para controlar si una variable ligada al proceso productivo está dentro de los límites preestablecidos o se desvía de los mismos y activar controles para actuar sobre el proceso, corrigiéndolo si es necesario.

Las radiaciones atraviesan los objetos, sufriendo un debilitamiento en proporción a la materia que encuentran en su camino, o se reflejan dándonos información sobre el medio donde han rebotado.

En el primer caso, transmisión, la radiación emitida por un radioisótopo ve reducida su intensidad al atravesar la materia que se encuentra entre la fuente emisora y el detector. La cantidad de radiación tras atravesar el material depende de las características del mismo.

Este principio se utiliza en la industria en papeleras, fábricas de plástico, vidrio, etc. para controlar la presencia o ausencia, o incluso para medir, la cantidad, nivel, gramaje

espesor o densidad de material producido.

También se utiliza este principio para monitorizar y controlar el nivel o flujo de materiales en tuberías, columnas de destilación, tanques etc.

La medida de niveles con radioisótopos es especialmente útil en los casos de líquidos a elevada temperatura, corrosivos, estériles y en general en todos aquéllos casos en los que sea imposible la utilización de dispositivos de contacto y tiene amplia utilización en las refinerías de petróleo, en la industria química, en la siderúrgica y en la del vidrio.

De la misma forma puede controlarse el nivel de llenado de un producto sólido o líquido envasado en un recipiente, tanto si éste es transparente como si es opaco. Los diferentes envases pasan por un equipo de control por radioisótopos situado en un punto determinado de la cinta transportadora por la que circulan los envases, de tal forma que el haz incide sobre éstos a una altura correspondiente al nivel de llenado que se desea controlar, interesando separar aquéllos con llenado defectuoso. Este método se emplea ampliamente en empresas embotelladoras, fábricas de envasado de tabaco, etc.

En el segundo caso, retrodispersión, la intensidad de radiación de un radioisótopo se reduce por la materia, midiendo el detector, situado en este caso del mismo lado que el radioisótopo, la radiación dispersada de vuelta hacia el mismo.

La cantidad de radiación de retrodispersión depende del tipo y de la cantidad de material y esto puede ser utilizado para medir las características del mismo. Este principio se usa para medir diversas densidades y espesores de recubrimientos.

La mayor ventaja que presentan estos métodos de control o medida es que no hay contacto entre el radioisótopo y el material que se quiere controlar por lo que la influencia del método de control sobre el proceso es mínima.

En algunos casos el material producido pasa a gran velocidad

entre el radioisótopo y el detector. En la fabricación de papel el material producido pasa a velocidades de hasta 400 m/s.

Los radioisótopos más utilizados son el cesio-137 y el cobalto-60 como emisores gamma, el estroncio-90 y el kriptón-85 como emisores beta y el americio-241 como emisor alfa, utilizando uno u otro en función de la naturaleza y espesor del material a controlar. Otros radioisótopos utilizados en estas técnicas son el níquel-63, el promecio-147 y el talio-204.

Respecto a la evolución de las técnicas, pocos cambios se han experimentado en los radionucleidos usados en la medición de procesos en los últimos 25 años. Los únicos



► **Figura 3.** Exploración en obras de arte.

cambios han venido del descubrimiento progresivo de nuevos campos de aplicación.

Hay que decir que este es un sector en el que no se recurre a la utilización de los radioisótopos más que cuando se han descartado todos los demás métodos alternativos (ópticos, eléctricos, de contacto etc.) Se suele recurrir al control por radioisótopos únicamente cuando las atmósferas de trabajo son muy adversas, temperaturas o presiones muy altas, atmósferas inflamables, electricidad estática, etc.

#### 6.1.4. En análisis instrumental

Los radioisótopos se utilizan también en el análisis físico, químico o elemental detallado de muestras complejas. Se puede realizar por varios métodos:

— Análisis por fluorescencia de rayos X.

El fenómeno se basa en que los radioisótopos emisores de fotones de baja energía, en su interacción con la materia por efecto fotoeléctrico, provocan fenómenos de fluorescencia, o transiciones electrónicas dentro de un mismo átomo desde las capas más externas a las más internas a fin de llenar huecos, con emisión de la energía sobrante en forma de rayos X característicos del emisor.

La espectroscopía por fluorescencia de rayos X se utiliza para el análisis elemental cualitativo y cuantitativo de muestras industriales (minería, metalurgia, pinturas, joyería, alimentación), ambientales, geológicas, biológicas etc.

Como ejemplo podemos citar la detección de explosivos buscando la presencia de plomo y mercurio, componentes habituales de los explosivos más utilizados, o el análisis de aleaciones o del mineral extraído en prospecciones mineras.

Los radioisótopos más utilizados para este fin son el hierro-55, el cobalto-57, el cadmio-109 y el americio-241.

— Análisis por activación neutrónica.

En el método de análisis de activación neutrónica se somete a los elementos de una muestra a irradiación con un flujo de neutrones y se analiza la energía y periodo de semidesintegración de la radiación gamma característica emitida a continuación por la misma, en la que algunos de los núcleos se habrán convertido en radiactivos por la acción de los neutrones, con lo que se obtienen “huellas dactilares” de los elementos que la integran.

Las aplicaciones del análisis por activación son variadas. Es útil en cualquier caso en que se requiera un análisis de trazas de elementos. Esto puede abarcar muestras geológicas y arqueológicas; se puede usar en biología y medicina, en estudios hidrológicos y para medir la contaminación ambiental. Se ha usado para medir la concentración

de elementos en aerolitos y muestras de la Luna, también para detectar la presencia de elementos raros en minerales.

Una de las grandes ventajas de la activación por neutrones, además de su gran sensibilidad, es que no destruye la muestra, y esto es particularmente importante cuando se trata de muestras únicas o irremplazables, como las arqueológicas. La muestra puede quedar radiactiva, pero decae pronto, dependiendo de su composición, quedando esencialmente intacta. Por otro lado, tiene como desventaja su alto coste comparado con otros métodos, y además, que no distingue compuestos químicos.

#### 6.1.5. En procesos de esterilización

Instalaciones de irradiación a gran escala se utilizan para esterilizar por medio de radiación gamma material desechable, o de única utilización, en el campo médico tal como jeringas, guantes, ropa e instrumentos, algunos de los cuales se verían dañados por esterilización por otros métodos.

Los productos a esterilizar son introducidos en paquetes herméticamente sellados, inaccesibles a microorganismos. La radiación gamma atraviesa el paquete e irradia totalmente el objeto que, mientras no se abra, conservará la esterilidad.

Como la irradiación apenas aumenta la temperatura, los objetos hechos de plástico no sufren daño térmico. El material irradiado no queda activado por lo que el usuario no recibe ninguna dosis al utilizar el mismo.

Esta técnica presenta la ventaja de que se puede proceder a la fabricación y embalaje del material sin necesidad de disponer de instalaciones asépticas y proceder a la esterilización del mismo al finalizar el proceso.

En la esterilización de instrumentos se emplea y se ha empleado a lo largo de los años solamente el cobalto-60 ya que este radioisótopo es el único útil por su alta energía y por tanto poder de penetración y porque se puede encapsular en

fuentes radiactivas de muy alta actividad específica.

Este radioisótopo tiene el inconveniente de su periodo de semidesintegración de cinco años, bastante corto si lo comparamos con la vida útil de este tipo de instalaciones, lo que obliga a su recarga frecuente.

Este tipo de instalación se utiliza también para procesos distintos de la esterilización basados en que la radiación puede modificar las propiedades físicas de ciertos materiales, por lo que pueden obtenerse de ellos características deseables, como una mayor flexibilidad en tejidos, una mayor resistencia en ciertos plásticos o un color más bonito en algunas piedras preciosas.



► **Figura 4.** Exploración en medicina nuclear.

## 6.2 En Medicina

En la medicina se utilizan radioisótopos:

- en medicina nuclear, para diagnóstico por la imagen y terapia metabólica.
- en radioterapia, para tratamientos oncológicos.
- en hematología para la irradiación de sangre previa a las transfusiones.

En principio pudiera pensarse que la medicina nuclear se ocupa del diagnóstico y la radioterapia del tratamiento de las enfermedades, pero razones prácticas hacen que la división entre ambas esté en función del tipo de sustancias que se utilizan. Como consecuencia, la medicina nuclear cubre el diagnóstico y el tratamiento con isótopos no encapsulados, generalmente lí-

quidos, mientras que en radioterapia se utilizan siempre fuentes radiactivas sólidas encapsuladas para los tratamientos.

Las medidas fundamentales de protección radiológica de las personas sometidas a exámenes y tratamientos médicos quedan garantizadas por el *Real Decreto 1132/1990* cuyo artículo primero dice que toda exposición a radiaciones ionizantes en un acto médico deberá realizarse al nivel más bajo posible, y su utilización exigirá que esté médicamente justificada y que se lleve a cabo bajo la responsabilidad de un facultativo.

Respecto a la evolución de las técnicas, como veremos a continuación, este es el sector que más cambios ha experimentado en los últimos 25 años.

### 6.2.1. Medicina Nuclear

#### — Diagnóstico *in vivo*

Se trata de técnicas en las que el radioisótopo se incorpora en el organismo del paciente en forma de radiofármaco, o fármaco marcado radiactivamente, por diferentes vías, intravenosa, intradérmica, ingestión o inhalación, depositándose a continuación en ciertos órganos de forma selectiva en función del radiofármaco introducido.

La elección de los radioisótopos a utilizar está condicionada por la necesidad de que su toxicidad sea mínima, tengan el tipo de emisión radiactiva idónea, energía adecuada y periodo de semidesintegración corto, para que la dosis absorbida sea pequeña. Su eliminación debe ser rápida para que el tiempo de permanencia en el organismo no sea prolongado.

La radiación emitida permite medir la distribución del radiofármaco en un compartimento biológico u obtener una imagen gammagráfica en un órgano diana, lo que conduce a poder determinar la morfología y/o función de dicho órgano.

Entre las aplicaciones de los radiofármacos están, entre otras:

- en cardiología, alteraciones en la circulación cardiaca y diagnóstico de cardiopatías congénitas,

- en aparato respiratorio, estudios pulmonares de vascularización y ventilación,

- en aparato digestivo, trastornos digestivos, vías biliares, estudios hepáticos etc.,

- en urología, función y morfología del riñón,

- en traumatología, infecciones o tumores óseos,

- en oncología, investigación de estadíos de los tumores,

- en neurología, valoración de demencias, epilepsias, enfermedades vasculares o tumorales.

Los radiofármacos sufrieron en los años 90 un cambio radical al ser incluidos por primera vez en la *Ley 25/90 del Medicamento* como medicamentos con fines diagnósticos y terapéuticos y tener que adaptarse, para poder ser comercializados y utilizados, a las exigencias de registros aplicables a otros medicamentos y a las de preparaciones estériles según "Buenas prácticas de preparación" (*Good Manufacturing Practice, GMP*).

El tecnecio-99m, obtenido en generadores a partir del molibdeno-99, es el radioisótopo más utilizado hasta el momento por su energía, periodo de semidesintegración y capacidad para unirse a múltiples moléculas portadoras que permiten el estudio de órganos muy variados como esqueleto, corazón, hígado y bazo, vías biliares, tracto digestivo, pulmones y cerebro.

Otros radioisótopos ampliamente utilizados son el talio-201 para estudios cardiacos, el galio-67 para detección de infección y de tumores, el indio-111 para procesos inflamatorios, el yodo-131 y 123 para estudios tiroideos y suprarrenales y el xenón-133 para estudios pulmonares.

En los últimos años se ha sustituido para marcaje de algunos fármacos (meta- yodo- bencilguanidina) el I-131 por I-23 por ser éste de menor periodo de semidesintegración, carecer de emisiones beta y tener menor energía siendo por tanto más inocuo, a pesar de tener un precio considerablemente mayor y mayores problemas de suministro.

#### — Ganglio centinela

La localización del ganglio centinela es una aplicación reciente de los coloides de tecnecio-99m en el campo de la medicina nuclear ya que se ha demostrado que las metástasis iniciales de un melanoma ocurren en el que se denomina como "ganglio centinela", primer ganglio que recibe la linfa del área donde asienta el tumor primario.

Su localización por medio de un detector, su extracción y posterior análisis permiten conocer la extensión del tumor.



► **Figura 5.** Imagen de Gammagrafía ósea.

#### — Marcadores autólogos

También se emplean el tecnecio-99m, el cromo-51 y el indio-111 para marcar células hematológicas (leucocitos, hematíes y plaquetas) extraídas a los pacientes, que tras su marcaje vuelven a ser inyectadas al mismo a fin de visualizar su distribución en el interior del organismo.

#### — Terapia metabólica

Se basa en la actuación del radionucleido en el órgano a tratar en el que deposita una dosis de radiación con fines curativos a medida que se va metabolizando.

En terapia metabólica se utilizan, además del yodo-131 para patologías tiroideas y tratamiento de tumores, el fósforo-32, el estroncio-89 y samario-153 como paliativos del dolor en metástasis óseas. Estos radioisótopos, todos ellos emisores beta, se caracterizan por su afinidad con los huesos.

El itrio-90, aunque no se metaboliza, se utiliza insertándolo para tratamiento del dolor en lesiones articulares.

#### — Tomografía de emisión de positrones

El mayor cambio en este sector ha venido en los últimos años asociado a las técnicas PET de tomografía de emisión de positrones.

Los estudios PET con el análogo de la glucosa (2-(18F) fluoro-2-desoxi-D-glucosa) o Fludesoxiglucosa (FDG) marcada con F-18, radioisótopo emisor de positrones, presentan la ventaja de detectar alteraciones celulares funcionales antes de que ocurran las alteraciones estructurales, por lo tanto pueden revelar la presencia de patologías que el resto de modalidades diagnósticas morfológicas convencionales no podrían aún detectar.

Al ser administrada al paciente, la FDG marcada con flúor-18 se incorpora a las células por el mismo mecanismo de transporte que la glucosa no marcada pero, a diferencia de ésta, una vez en el interior de la célula, por la acción de la hexoquinasa, se fosforila hasta F-18-FDG-6-fosfato que, a diferencia de su análogo no marcado, no puede ser metabolizado. Esto hace que se acumule dentro de la célula, permitiendo su detección.

Las aplicaciones más importantes están por ahora dirigidas al campo de la oncología, cardiología y neuropsiquiatría, ya que existe un consumo elevado de glucosa en condiciones normales en las células del cerebro y del miocardio del ventrículo izquierdo y por otra parte en las células tumorales e inflamatorias.

Una disminución de la captación cerebral y miocárdica reflejará una patología subyacente de forma muy precoz mientras que la detección de acúmulos en localizaciones no fisiológicas puede ser compatible con la existencia de cáncer.

Es una técnica de muy alto coste ya que es preciso disponer en las proximidades del servicio de medicina nuclear de un ciclotrón para fabricar los radioisótopos de

periodo de semidesintegración “ultracorto”, del orden de minutos a horas o, en caso de que éste no exista en las proximidades del centro, obliga a un sobre coste del producto al tenerse que producir una actividad mucho mayor que la que le llega al usuario.

— Diagnóstico *in vitro*

Cuando no es el paciente el que entra en contacto con la sustancia radiactiva sino solamente su sangre u otro de sus fluidos, previamente extraídos, se habla de diagnóstico *in vitro*.

Los tests más habituales son los conocidos como RIA o de Radioinmunoensayo. Estos tests suelen basarse en reacciones de competición antígeno-anticuerpo y permiten detectar enfermedades identificando y midiendo cantidades de hormonas, vitaminas, enzimas o drogas presentes en el organismo.

El radioisótopo por excelencia utilizado en estas técnicas es el yodo-125.

Dentro del campo de las aplicaciones analíticas de laboratorio tienen gran interés los estudios hormonales endocrinológicos, así como la determinación de los denominados marcadores tumorales o sustancias producidas específicamente por los tumores y cuya presencia en sangre permite el diagnóstico y seguimiento de los mismos. También se aplican en el estudio de pacientes con enfermedades alérgicas, hepatitis, control *antidoping* y diferentes estudios sanguíneos.

Respecto a la evolución de las técnicas, este sector ha sufrido una gran transformación en los últimos años, estando a principios de los 80 muy extendido el diagnóstico *in vitro* por radioisótopos y habiendo pasado actualmente en casi su totalidad a ser realizado por métodos alternativos al del uso de la radiactividad, normalmente por métodos basados en la luminiscencia.

### 6.2.2. Radioterapia

Es la especialidad médica que utiliza la administración de radiaciones ionizantes de fuentes encapsuladas con fines curativos para la destruc-

ción de tejidos malignos o tumores.

Se basa en que la radiosensibilidad de las células está en relación directa con su diferenciación y capacidad de reproducción, siendo más sensibles las células menos diferenciadas y con mayor ritmo de crecimiento.

Dado que las células que componen los tejidos tumorales malignos cumplen habitualmente estas condiciones, dichos tumores pueden ser sometidos a la acción de las radiaciones que producirán la muerte de los tejidos tumorales, sobreviviendo los tejidos sanos circundantes que son más radiorresistentes por estar compuestos de células más diferenciadas y de menor ritmo de crecimiento.

Según la posición de la fuente durante el tratamiento se clasifican en:

— Teleterapia o tratamiento a distancia.

— Braquiterapia o tratamiento de contacto que a la vez puede ser:

- endocavitaria en la que las fuentes radiactivas se introducen dentro de alguna de las cavidades del cuerpo.

- intersticial en las que las fuentes se introducen en el interior de las lesiones a tratar.

- de superficie en la que las fuentes se aplican en puntos de la superficie corporal en los que existe una lesión.

La braquiterapia puede ser a su vez temporal o permanente dependiendo de que el radioisótopo se retire del paciente tras el tratamiento o se quede en él indefinidamente.

— Respecto a la evolución de las técnicas:

- en teleterapia se usó en un principio el cesio-137 como radioisótopo emisor pero muy pronto fue sustituido de forma general por el cobalto-60 que ha sido durante muchos años y sigue siendo el radioisótopo de referencia en esta técnica. Actualmente, sin embargo, está en retroceso, hace muchos años que no se instalan nuevos equipos y se han retirado un buen número de ellos de centros sanitarios habiendo sido reemplazados

por aceleradores lineales que, con una mayor complejidad de manejo, junto con los sofisticados sistemas de planificación disponibles en la actualidad, proporcionan ilimitadas posibilidades de tratamiento.

- en radioterapia intracavitaria se utilizaron en un principio las agujas de radio-226 con aplicadores manuales; pronto, dada la posibilidad de emisión de radón-226 en caso de pérdida de estanqueidad, este material fue retirado de los centros hospitalarios y sustituido por las agujas y tubos de cesio-137 de baja actividad asociados a sistemas “afterloading” o de carga diferida que, por medio de fuentes simuladas, permitía visualizar su colocación correcta en el paciente antes de introducir el material radiactivo. Esta técnica se ha visto sustituida, tras varios años de controversia, por el iridio-192 en fuentes de alta actividad que implican tratamientos más cortos que facilitan la inmovilidad de los pacientes y con equipos, asociados a sistemas de planificación, con un alto grado de automatización.

- en radioterapia intersticial temporal se ha preferido en España desde siempre el sistema francés de uso de hilo y agujas de iridio-192, frente al americano que utilizaba las semillas de yodo-125, aunque en los últimos años se esté usando este último en algunos centros por ser de menor energía y por tanto requerir menos medidas de protección radiológica.

- en implantes permanentes, utilizados ampliamente en el cáncer de próstata entre otros, se utilizan las semillas de yodo-125 y las de paladio-103. En su día se utilizaron también ocasionalmente semillas de oro-198, ahora en desuso. Recientemente se están empezando a fabricar semillas de itrio-90 para tumores de hígado inoperables.

- en tratamientos de contacto se usó ampliamente el estroncio-90 en aplicadores dérmicos, nasofaríngeos y oftálmicos. Para esta última aplicación éstos se sustituyeron por aplicadores de yodo-125 e incluso, para ciertas patologías, de cobalto-60, siendo el rutenio-106 el radioisótopo

de elección más reciente en lesiones oculares.

Existen también otras técnicas desarrolladas recientemente:

- la radiocirugía, que utiliza equipos emisores de radiación con múltiples fuentes de cobalto-60 (*gamma-knife*) para aplicar radioterapia en lugares donde la cirugía tiene difícil acceso, normalmente tumores intracraneales.

- la braquiterapia intravascular, técnica terapéutica, aunque en este caso no oncológica, en la que se usan, en cardiología, fuentes radiactivas de fósforo-32 o de estroncio-90/itrio-90 a fin modificar las propiedades de las paredes de las arterias, tras la colocación de un *stent*, tubo que mantiene el vaso dilatado después de una angioplastia, para reducir la incidencia de restenosis o contracciones vasculares tras la intervención. Esta técnica estuvo de moda hace pocos años pero se ha abandonado completamente, habiendo sido sustituido el radioisótopo por un agente no radiactivo.

Por último nombrar la desitometría ósea que se realizó en su día usando los radioisótopos americio-241 y posteriormente gadolinio-153 y que ha sido sustituida totalmente por la utilización de equipos de rayos X.

### 6.2.3 Irradiación de sangre

La sangre se irradia antes de realizar una transfusión para asegurar la protección de los pacientes, especialmente de los pacientes inmunodeprimidos, recién nacidos, pacientes con leucemia, etc. contra una enfermedad letal, la llamada de injerto contra huésped (*graft-versus-host disease*, TA-GVHD), asociada a la propia transfusión.

El radioisótopo que se utiliza para este fin es el cesio-137.

Aunque hay equipos disponibles comercialmente para ser utilizados específicamente para la irradiación de sangre, en la mayoría de los centros hospitalarios ésta no se está realizando en instalaciones específicas sino en las mismas instalaciones de radioterapia, fuera del horario de tratamientos.

### 6.3 En la investigación

Este es uno de los campos más desconocidos en cuanto a la aplicación de los radioisótopos debido a la gran variedad de usos a los que se destinan y a la alta especialización de las técnicas a las que se aplican.

En general se utilizan radioisótopos en múltiples departamentos de Centros de Investigación y Facultades Universitarias relacionadas con Ciencias de la Salud, entre ellos:

- Bioquímica.
- Biología celular.
- Biología molecular.
- Genética.
- Patología molecular.
- Inmunología.
- Farmacología.



◉ **Figura 6.** Recinto de manejo de compuestos marcados.

Se pueden utilizar los isótopos *in vivo* e *in vitro*, entendiéndose por *in vivo* la aplicación de los mismos a células, bacterias, virus, levaduras, animales o plantas e *in vitro* los estudios realizados en tubos de ensayo.

Algunas de las técnicas radioisotópicas más utilizadas hasta el momento se indican a continuación:

- Marcajes metabólicos de animales.
- Marcajes de ácidos nucleicos.
- Radioinmunoensayo/ensayos de receptores/marcajes de proteínas.
- Marcajes de cultivos celulares.
- Ensayos de actividad enzimática.

Los radioisótopos utilizados en estas técnicas son variados ya que un amplio rango de compuestos orgánicos puede suministrarse con un átomo o átomos de su estructura sustituidos por el radioisótopo apropiado y a su vez un mismo material biológico puede ser marcado con diversos radioisótopos, dependiendo del objetivo del estudio.

De forma simplificada podemos decir que el carbono-14 y tritio se utilizan en marcajes metabólicos de animales y estudios de actividad enzimática, el fósforo-32, fósforo-33 y azufre-35 en marcajes de ácidos nucleicos, los radioisótopos mencionados más el cromo-51 en el marcaje de cultivos celulares y el yodo-125 en radioinmunoensayo, ensayos de receptores y marcajes de proteínas.

La base de su aplicación es que la mayoría de los sistemas tratan las formas radiactiva y no radiactiva de un elemento de manera idéntica, por lo que pueden ser estudiados con radioisótopos con la certeza de que el método utilizado en la investigación no afectará a los mismos.

En el área de la farmacología, la posibilidad de marcar tanto los medicamentos como los tóxicos para estudios metabólicos en animales, permite seguirlos y así conocer cómo actúan, dónde se acumulan y qué tejidos pueden aliviar o dañar. Estos marcajes metabólicos son especialmente importantes en los estudios previos a la evaluación de medicamentos.

También es importante resaltar que la radioactividad puede ser detectada en cantidades muy pequeñas. Esto es especialmente importante para el marcaje de ácidos nucleicos que pueden medirse directamente en un contador de radioactividad o bien indirectamente sobre una placa fotográfica por autorradiografía.

El marcaje de ácidos nucleicos es importante, entre otras técnicas, por las de secuenciación, hibridación y clonación y las técnicas de transcripción y traducción *in vitro*. En todas ellas se utilizan los radioisótopos marcando sondas o fragmentos de los mismos con distintos fines:

- En la secuenciación para localizar fragmentos complementarios de cara a conocer la secuencia de nucleótidos de un ácido nucleico.

- En la hibridación para la construcción artificial de ácidos nucleicos de doble cadena a partir de dos de cadena única por complementariedad de bases.

— En la clonación para su replicación. Esta técnica permite producir un elevado número de copias de un mismo gen o fracción de ADN.

— En las técnicas de transcripción y traducción *in vitro* para obtención respectivamente de ARNm y proteínas.

En los últimos años el fósforo-32, radioisótopo mayormente utilizado en marcajes de ácidos nucleicos, se ha sustituido en parte por el fósforo-33 de energía menor y periodo de semidesintegración más largo que proporciona una mayor resolución en las autorradiografías.

Se han desarrollado también recientemente nuevos métodos de marcaje de ácidos nucleicos que usan compuestos no radioactivos que pueden detectarse o bien porque dan un color determinado o incluso porque emiten luz, que están apartando progresivamente a los radioisótopos de este campo, una vez superadas las dificultades surgidas en los primeros años de su utilización.

En el campo de la investigación, a diferencia de lo que sucede en el médico, el Radioinmunoensayo sigue realizándose con compuestos marcados con yodo-125 y en menor medida con tritio, no habiendo sido aún sustituidos por marcajes luminiscentes. La razón es que, en este campo, se determinan concentraciones de compuestos cuya función en el organismo está aún por determinar y que en muchas ocasiones se encuentran en la muestra en cantidades mínimas, mientras que en el diagnóstico *in vitro* se realizan determinaciones rutinarias, ya muy estandarizadas, que pueden permitirse la ligera pérdida de sensibilidad que todavía presentan los métodos alternativos frente a los radiactivos.

En los marcajes de cultivos celulares se añade al medio de cultivo, para que la célula lo incorpore de manera espontánea junto con el resto de nutrientes, un radioisótopo que forme parte de una molécula, diferente en función del estudio a realizar:

- fosfato inorgánico marcado con fósforo-32 para estudios de fosforilación de proteínas,

- metionina marcada con azufre-35 para estudiar la síntesis de proteínas,

- timidina tritiada para estudios de proliferación celular,

y se mide posteriormente la actividad de las biomoléculas sintetizadas por la célula.



● Figura 7. Detector de humos.

#### 6.4 Otras aplicaciones

En otras aplicaciones se utilizan o se han utilizado radioisótopos con los siguientes fines:

— En el área doméstica:

- los pararrayos radiactivos, que se basan en la mayor conductividad del aire tras la ionización de sus moléculas por partículas alfa procedentes de una fuente de americio-241, y cuya comercialización, a usuarios sin autorización de instalación radiactiva, fue prohibida en España, tras un estudio de los riesgos asociados frente a las ventajas del uso de los mismos, mediante el *Real Decreto 1428/86*.

- los detectores de humo que se basan igualmente en la ionización de las moléculas del aire por partículas alfa procedentes de una fuente de americio-241. Estas moléculas ionizadas se mueven hacia los electrodos de signo opuesto al aplicar un voltaje eléctrico y se establece un pequeño flujo de corriente eléctrica a través de la cámara de muestreo. Las partículas de la combustión tienen una masa mayor y por tanto disminuye la movilidad de los iones, lo cual se traduce en una reducción del flujo de corriente a través de la cámara de muestreo que activa una señal de alarma.

Hay cierta tendencia actualmente a sustituirlos por detectores fotoeléctricos, también conocidos por detectores ópticos, cuyo funcionamiento se basa en que el humo visible que penetra en el detector afecta al haz de rayos luminosos generado por una fuente de luz, de forma que varía la luz recibida en una célula fotoeléctrica, y se activa una alarma al llegar a un cierto nivel.

— En agricultura/medio ambiente:

Para la optimización de fertilizantes se usa la técnica de trazadores radiactivos que consiste en incorporar al fertilizante un radioisótopo, por lo general fósforo-32, aplicar el mismo a la planta y, posteriormente, detectar la radiación emitida para seguirlo en su camino metabólico dentro del vegetal. Estas observaciones permiten determinar qué cantidad de fertilizante llega a la planta y cuánto se desperdicia en el terreno.

En estudios hidrológicos se utiliza como radioisótopo trazador el Tritio para la medición de la cantidad de agua caída en forma de lluvia y nieve, las características de los depósitos acuíferos subterráneos, la determinación del flujo de los ríos y arroyos, la medición de pérdidas de agua de presas, canales o lagos, y la comprensión de la dinámica de lagos y reservas.

En la erradicación de las plagas se usan el cobalto-60 para irradiar una gran cantidad de insectos con dosis suficientemente altas como para volverlos estériles. Estos insectos son liberados en las zonas infestadas por sus propios congéneres de forma que, al aparearse con los insectos de la plaga no se producirá descendencia.

El mercurio-203 se utiliza también, en este caso para comprobar que el contenido de las cubas electrolíticas existentes en las fábricas de producción de sosa, es el esperado y confirmar, por tanto, la ausencia de fugas de mercurio al medio ambiente.

— Otros usos

Como pinturas luminosas para esferas de relojes o indicaciones de salidas de emergencia se utiliza

► **Tabla 3. Rango de actividad en las distintas aplicaciones.**

Técnica/Actividad	Radionucleido	Bq	kBq	MBq	GBq	TBq	PBq	Categorización según IAEA RS-G-1.9
Verificación/Calibración de equipos	Cs-137	X	X					5
	Co-60	X	X					
	Am-241	X	X					
	Co-57	X	X	X				
	Ba-133	X	X					
	I-29	X	X					
Detectores de humo	Am-241		X					5
Investigación	C-14		X	X				----
	H-3		X	X				
	I-125		X	X				
	P-32		X	X				
	P-33		X	X				
	S-35		X	X				
Análisis instrumental	Co-57			X				5
	Cd-109			X				
	Am-241			X				
	Fe-55			X				
Medida de humedad densidad	Cs-137			X				4
	Am-241/Be			X				
Control de procesos	Cs-137			X				3/4
	Co-60			X				
	Am-241			X				
	Kr-85			X				
	Sr-90			X				
Medicina nuclear	Mo-99			X	X			-----
	Tc-99m			X				
	Ga-67			X				
	Tl-201			X				
	I-131			X				
	I-123			X				
	In-111			X				
	F-18			X	X			
Braquiterapia	Cs-137			X				4/5
	I-125			X				
	Pd-103			X				2
	Ir-192				X			
Gammagrafía	Se-75				X			2
	Ir-192				X			
	Co-60				X			
Irradiación de sangre/ de calibración/ de investigación	Cs-137					X		1
	Co-60					X		
Teleterapia/gamma knife	Co-60					X		1
Esterilización/Irradiación de alimentos	Co-60						X	1

actualmente el tritio que desplazó al radio-226 utilizado en su día para esta aplicación.

Para determinar la edad de los descubrimientos arqueológicos se utiliza la datación con carbono-14, método basado en que la relación entre carbono-12 y carbono-14 en la naturaleza permanece constante

hasta el momento en que un organismo muere, momento en que la cantidad de carbono-14 en sus tejidos empieza a decaer, con un periodo de semidesintegración de 5730 años, presentando en el momento del estudio una relación frente al carbono-12 distinta a la existente en la naturaleza.

- Como patrones de calibración.

Por último se utilizan radioisótopos como patrones en la calibración de instrumentos de detección y medida de la radiación siendo los más utilizados, por su energía y periodo de semidesintegración, el cesio-137, el americio-241 y el cobalto-60.

● **Tabla 4. Evolución de las técnicas en las distintas prácticas.**

Práctica	En desuso	Estable	En alza
Gammagrafía	Cs-137 Yb-169	Ir-192 Co-60	Se-75
Medida humedad y densidad	Ra-226/Be	Am-241/Be Cs-137	Cf-252
Control de procesos		Cs-137 Sr-90 Am-241 Co-60 Kr-85	
Irradiación industrial		Co-60	
Medicina nuclear	I-125 Xe-133	Tc-99m Ga-67 Tl-201 I-131	F-18 I-123 Sr-89 Sm-153
Radioterapia	Ra-226 Cs-137 Co-60 Sr-90	Ir-192	Pd-103 I-125 Y-90 P-32
Investigación	P-32	S-35 C-14 H-3 Ca-45 Cr-51 I-125	P-33

También se utilizan el cobalto-57 para simular al tecnecio-99m, el bario-133 para simular el yodo-131 y el yodo-129 para simular el yodo-125 proporcionando fuentes radiactivas de energías similares a los radioisótopos a los que simulan pero con un periodo de semidesintegración mucho más largo que las hace útiles durante un tiempo mayor.

Para eliminar la electricidad estática en lugares en los que sea importante por riesgo de incendio o de descargas o por imposibilidad de realizar el proceso debido

a la misma, se utilizó en su día, el americio-241, ahora en desuso y, posteriormente, el polonio-210.

### 7. Rango de actividad utilizada en las distintas aplicaciones

En la tabla 3 se muestran las actividades, expresadas en múltiplos de becquerelios, implicadas en las aplicaciones de los radioisótopos mencionadas anteriormente ordenadas de menor a mayor.

Las técnicas indicadas en la parte inferior de la tabla, en las que se

utilizan radioisótopos categorizados con los grupos 1 y 2 según RS-G-1.9 de la IAEA, se verán sometidas próximamente a las medidas especiales contenidas en el *Real Decreto 229/2006* sobre control de fuentes radiactivas encapsuladas y fuentes huérfanas, de reciente aparición.

### 8. Resumen

Por último, en la tabla 4 se da un resumen del nivel de vigencia de las prácticas mencionadas anteriormente. 

#### Bibliografía

- *The Regulation and Use of Radioisotopes in today's world U.S.Nuclear Regulatory Commission.*  
 - Guías técnicas de gestión de materiales residuales con contenido radiactivo en Centros de Investigación y docencia

y en Instalaciones de ámbito sanitario publicadas por Enresa y la Sociedad Española de Protección Radiológica.  
 - Revista del Foro de la Industria Nuclear *Aplicaciones de los isótopos en Medicina, Industria y Tecnología.*

- Ignacio Lequerica y Manuel Rodríguez. *Las instalaciones radiactivas en España.* Revista Seguridad Nuclear.  
 - Agradecimiento: La autora quiere expresar su agradecimiento a Manuel Rodríguez Martí por sus útiles comentarios.

# La Red de Estaciones Automáticas (REA)

La Red de Vigilancia Radiológica, (REVIRA) que tiene establecida el CSN y que permite conocer la calidad radiológica de todo el territorio español, está constituida por la denominada Red de Estaciones de Muestreo (REM) y la Red de Estaciones Automáticas (REA) en la

que se centra este artículo y que permite la vigilancia en continuo de la tasa de radiación gamma y de la concentración radiactiva en el aire (radioyodos, radón y emisores alfa y beta) constituyendo un recurso de alerta en caso de incidente radiológico.

## 1. Vigilancia radiológica del CSN en el territorio nacional

El Consejo de Seguridad Nuclear dispone desde 1992 de un Programa de Vigilancia de la Radiación Ambiental (programa REVIRA) de alcance nacional que tiene por objeto vigilar permanentemente la calidad radiológica del medio ambiente y, en su caso, obtener información adecuada para evaluar las consecuencias de un posible accidente radiológico.

Integran este programa una red de estaciones automáticas de vigilancia en continuo (REA), objeto de este artículo y una red de estaciones de muestreo (REM):

— La Red de Estaciones de Muestro (REM) cuya misión es la toma de muestras de las diferentes vías de exposición del individuo a las radiaciones ionizantes, para su análisis posterior en laboratorio.

— La Red de Estaciones Automáticas (REA) que tiene por objeto la vigilancia en tiempo real de la radiactividad en la atmósfera.

● **Tabla 1. Estaciones automáticas de la REA.**

Estación	Ubicación	Entrada en servicio
Agoncillo (Rioja)	Base aérea	2/03/92
Almázcara (León)	Escuela de capacitación agraria	2/03/92
Andújar (Jaén)	Centro información FUA	2/03/92
Autilla del Pino (Palencia)	Observatorio meteorológico	19/09/91
Avilés (Asturias)	Dependencias municipales	2/03/92
Herrera del Duque (Badajoz)	Cuartel de bomberos	19/09/91
Huelva	Observatorio meteorológico	2/03/92
Jaca (Huesca)	Cuartel regional montaña	25/05/92
Lugo	Observatorio meteorológico	25/05/92
Madrid	Ciemat	19/09/91
Motril (Granada)	Club náutico	2/03/92
Murcia	Centro meteorológico territorial	2/03/92
Palma de Mallorca	Centro meteorológico territorial	25/05/92
Penhas Douradas (Portugal)	Observatorio meteorológico	16/07/96
Pontevedra	Observatorio meteorológico	2/03/92
Quintanar de la Orden (Toledo)	Centro capacitación agraria	8/05/92
Saelices (Salamanca)	Mina uranio de ENUSA	19/09/91
San Sebastián (Guipúzcoa)	Centro meteorológico territorial	8/05/92
Santander	Centro meteorológico territorial	2/03/92
Sevilla	Centro meteorológico territorial	2/03/92
Soria	Observatorio meteorológico	25/05/92
Talavera la Real (Badajoz)	Base aérea	8/05/92
Tarifa (Cádiz)	Estación vigilancia del Estrecho	8/05/92
Tenerife	Centro meteorológico territorial	25/05/92
Teruel	Observatorio meteorológico	19/09/91

Centro de supervisión y control: sala de emergencias (Salem).

La REA está integrada por 25 estaciones automáticas (tabla 1), 24 de ellas distribuidas por todo el territorio nacional y una esta-

ción situada en *Penhas Douradas* (Portugal) compartiendo emplazamiento con una estación de la red portuguesa para efectuar la

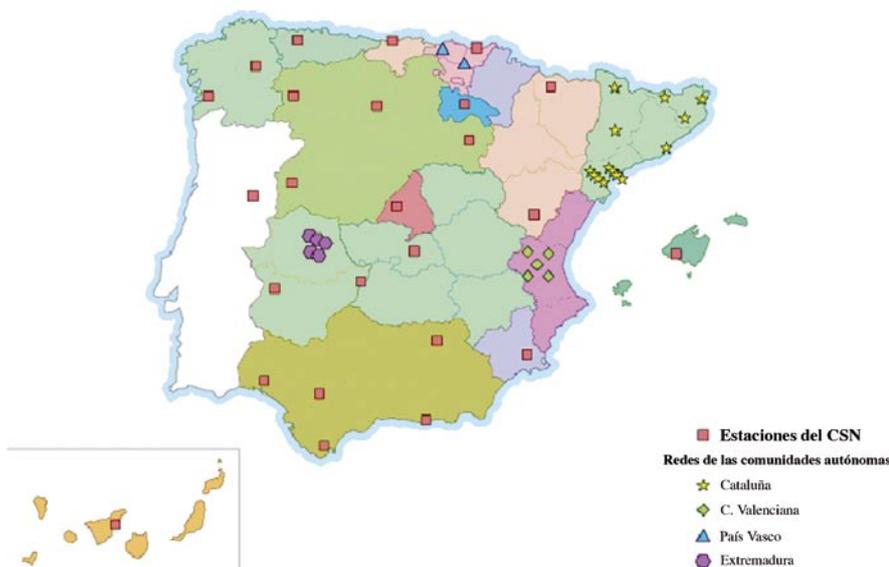


Figura 1. El CSN, a través de acuerdos específicos en esta materia, tiene acceso a los datos de las estaciones de las redes de las comunidades autónomas de Valencia, Cataluña y País vasco.

intercomparación con la red automática de este país. Cada una de las estaciones de la REA dispone de instrumentación para medir tasa de dosis gamma y concentraciones de radón, radioyodos y emisores alfa y beta en aire. Por acuerdo entre el Instituto Nacional de Meteorología (INM) y el CSN, las estaciones de la REA se sitúan junto a estaciones automáticas del INM compartiendo con ellas el sistema de comunicaciones, a excepción de las estaciones situadas en Madrid, en el Ciemat, y en *Penhas Douradas* (Portugal).

El CSN, mediante acuerdos específicos con las administraciones autonómicas correspondientes, ha ampliado la cobertura de la REA integrando estaciones de la red valenciana, catalana y del País Vasco en el sistema de gestión y operación de la REA. El CSN ha iniciado

trámites para establecer un acuerdo similar con la Junta de Extremadura que permita el acceso a los datos de la red de alerta radiológica medioambiental extremeña.

La recepción, gestión y análisis de los datos de las estaciones se hace desde el Centro de Control y Supervisión (CSC) situado en la Sala de Emergencias (Salem) del CSN. Esto permite el seguimiento permanente, por parte del CSN, de las medidas realizadas por la REA, incluidas las alarmas que se generen.

## 2. Descripción de la REA

### 2.1. Estaciones de la REA

Cada una de las estaciones que integran la REA del CSN se compone de:

- Una Estación Radiológica Automática (ERA).

- Un Discriminador Selectivo Inteligente de Comunicaciones (DSIC).

Además, junto a la ERA está situada una Estación Meteorológica Automática (EMA) de la red automática del INM.

La estación meteorológica automática dispone de instrumentación para medir temperatura, humedad relativa del aire, dirección y velocidad del viento, precipitación y en algunas de ellas presión atmosférica (tabla 2).

La estación radiológica automática dispone de instrumentación para medir radiación gamma ambiental (tasa de dosis equivalente ambiental) y concentración de aerosoles ambientales: partículas alfa y beta, radón y radioyodos (tabla 3).

La radiación gamma ambiental se mide con una sonda gamma compuesta por dos detectores Geiger-Müller que permiten estimar tasas de dosis equivalente ambiental en el rango 10nSv/h-10Sv/h. El detector de baja tasa mide tasa de dosis hasta 2mSv/h y el detector de alta, hasta 10Sv/h. La sonda está situada en el exterior del edificio o caseta donde se encuentra la ERA.

Los aerosoles se miden aspirando aire del exterior del edificio con una bomba de un caudal aproximado de 5-6m<sup>3</sup>/h; este aire se hace pasar por un calentador para eliminar la humedad antes de atravesar un filtro de papel continuo y un filtro estático de carbón activo. Dichos filtros están enfrentados a los respectivos detectores de centelleo de ZnS:Ag (partículas alfa y beta) y NaI:Tl (radioyodos). Los resultados de la medida de aeroso-

Tabla 2. Variables meteorológicas.

Velocidad del viento  
Dirección del viento  
Temperatura del aire  
Precipitación  
Presión atmosférica

Tabla 3. Variables radiológicas.

Tasa de dosis gamma ( $\gamma$ )  
Concentración de actividad alfa ( $\alpha$ )  
Concentración de actividad beta ( $\beta$ )  
Concentración de actividad de I-131  
Concentración de actividad de radón

Tabla 4. Principales características de los equipos.

Variable	Detector	Rango
Radioyodos	Cristal de Centelleo INa (TI)	0,5 - 10 <sup>7</sup> Bq/m <sup>3</sup>
Alfa ( $\alpha$ )	Plástico de Centelleo ZnS (Ag)	0,2/0,5 - 10 <sup>7</sup> Bq/m <sup>3</sup>
Beta ( $\beta$ )	Plástico de Centelleo ZnS (Ag)	0,2/0,5 - 10 <sup>7</sup> Bq/m <sup>3</sup>
Tasa de Dosis ( $\gamma$ )	Doble Cámara Geiger-Müller	10 <sup>-2</sup> - 10 <sup>7</sup> $\mu$ Sv/h



► **Figura 2.** Estación radiológica automática (ERA) de una estación de la REA.

les se expresan en *concentraciones de actividad en volumen* ( $Bq/m^3$ ) de partículas alfa, partículas beta y radioyodos. La ERA estima la presencia de descendientes de radón a partir de los contajes alfa y beta y mediante un método de pseudocoincidencias basado en la desintegración del  $^{214}Po$ .

Las principales características de los equipos se muestran en la tabla 4.

El Discriminador Selectivo Inteligente de Comunicaciones (DSIC) tiene como función transmitir los parámetros de control del sistema, almacenar y preparar la información obtenida por la ERA y la EMA para su transmisión al CSC de la REA a través de la Red Telefónica Conmutada o de telefonía GSM.

El DSIC interroga a las estaciones ERA y EMA cada 10 minutos para obtener los datos y comprobar su estado, y almacena los datos de forma cíclica durante 24 horas. Recibe las llamadas telefónicas desde el CSC, a través de un módem interno, las reconoce y contesta enviando la información requerida.

Además, desde el DSIC se genera automáticamente una orden de llamada al CSC cuando alguna de las variables medidas alcanza un nivel de alarma prefijado.

## 2.2. Centro de Supervisión y Control

Situado en la Salem, está compuesto por un terminal informático desde el que se accede al sistema de gestión y comunicaciones de la REA. Este sistema consta de un conjunto de programas de adquisición y tratamiento de los datos obtenidos en las estaciones automáticas radiológicas y meteorológicas.

Se trata de un sistema distribuido y orientado a una red de ordenadores con una estructura cliente/servidor, donde el servidor tiene la misión de adquirir y almacenar los datos recibidos y el cliente, por medio de un explorador HTTP (con soporte JAVA), accede al servidor para realizar las tareas relacionadas con la operación y gestión de la red.

La máquina Servidor tiene dos funciones: la ejecución de un programa en modo continuo que obtiene los datos de las estaciones de la red, con una temporización programable, a través de un conjunto de módems y con capacidad para recibir llamadas desde las estaciones si se supera alguno de los

umbrales de alarma establecidos, y la explotación interactiva de los datos y recursos de la red.

La máquina Cliente es el Terminal informático instalado en el CSC de la red.

Los datos obtenidos por las estaciones automáticas radiológicas y meteorológicas, y los parámetros de las estaciones (nombre, localización y características) y del sistema se guardan en el servidor en una base de datos ACCESS. Esta característica abierta del sistema permite una gran versatilidad a la hora de acceder a los datos y exportarlos a otras aplicaciones.

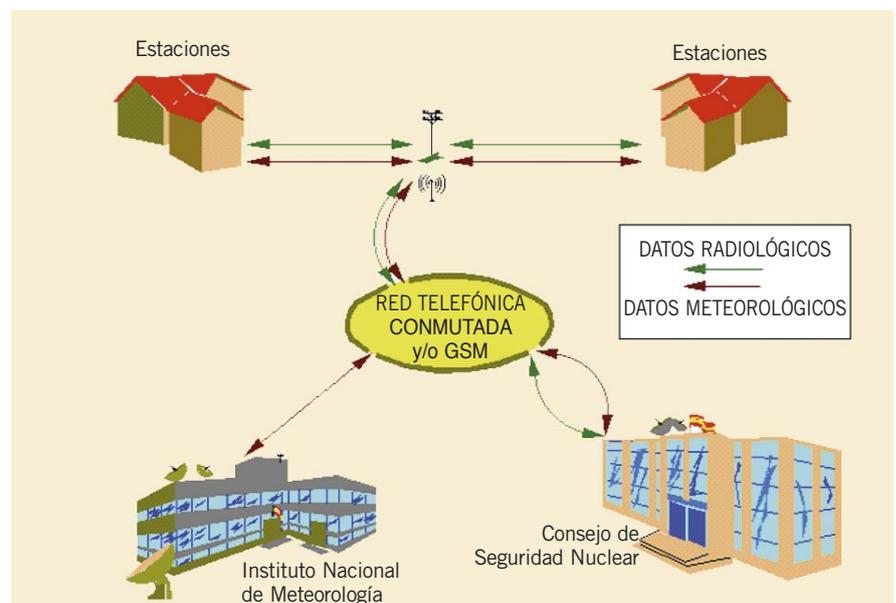
Las tareas relacionadas con la operación y gestión de la REA se realizan desde los cuatro programas que integran el sistema: Comunicaciones, Explotación, Gestión y Monitor; entre estas tareas se pueden destacar las siguientes:

- Comunicación con las estaciones, petición de datos y parámetros, y modificación de parámetros de funcionamiento.

- Acceso y consulta de los datos obtenidos por las estaciones a través de gráficas o listados.

- Aviso y reconocimiento de la superación de los umbrales de alarma establecidos en cada estación.

- Acceso y consulta a los ficheros operativos del sistema, como son: parámetros de funcionamiento



► **Figura 3.** Discriminador Selectivo Inteligente de Comunicaciones (DSIC).

de las estaciones, características de los emplazamientos, incidencias, y fichero de alarmas.

El diseño de estos programas permite una gran flexibilidad en la consulta de los datos pudiendo seleccionar las estaciones, el tipo de dato, el formato y el periodo de tiempo.

Dentro de las opciones que ofrece el diseño de la REA y el sistema de gestión y comunicaciones, se han establecido algunas características particulares y fijado alguno de los parámetros con el fin de facilitar y mejorar la operación de la red. Entre ellos:

- Se han fijado en 10 minutos los tiempos de medida de los equipos de la ERA.

- Están programadas dos llamadas automáticas diarias desde el CSC al DSIC de cada estación para pedir los datos meteorológicos y radiológicos de las últimas 24 horas. Esta petición de datos se completa, cuando es necesario, con llamadas manuales.

- Se ha establecido un modo de operación en emergencia que, entre otras cosas, modifica la frecuencia de llamadas automáticas

a una hora y genera, también de forma automática, los ficheros con la información a remitir a la plataforma europea de intercambio de datos de redes automáticas de vigilancia (programa EURDEP).

### 3. Operación diaria de la Red

Diariamente se revisa la red para hacer un diagnóstico del estado de las estaciones, el volumen y el tipo de datos recibidos y en caso necesario se toman acciones como: petición adicional de datos, orden de reparación a la empresa encargada del mantenimiento, análisis de los valores anómalos, etc.

Esta revisión incluye las estaciones de las redes de la Generalidad de Valencia, de la Generalidad de Cataluña y del País Vasco, aunque las acciones en caso de fallo de alguna de estas estaciones se reducen a informar de ello a los responsables de estas redes, ya que, en este caso, el CSN no es responsable de la ejecución del mantenimiento.

Finalizada la revisión, se elabora un resumen diario con los datos de tasa de dosis gamma media de

cada estación que se introducen en la página web del CSN para información general.

La red ha alcanzado un alto nivel de disponibilidad, en torno al 90 %. Las pérdidas ocasionales de datos se han producido por causas diversas relacionadas con las comunicaciones, trabajos de mantenimiento y cambio de emplazamiento.

### 4. Conexión con otras redes

Las comunidades autónomas de Valencia, Cataluña y Extremadura disponen de redes automáticas de vigilancia radiológica ambiental con estaciones distribuidas en el entorno de las centrales nucleares ubicadas en sus respectivos territorios.

La comunidad autónoma del País Vasco ha desarrollado su propia red de vigilancia.

El CSN, mediante acuerdos específicos con las Administraciones autonómicas responsables de estas redes, ha integrado estaciones de las redes valenciana, catalana y vasca en el sistema de gestión y operación de la REA.

#### 4.1 Red de la Generalidad de Valencia

La red valenciana está integrada por cinco estaciones radiológicas. Desde el CSC de la REA se tiene acceso a los datos de 4 estaciones: Cofrentes, Cortes de Pallás, Jalance y Pedrones. El funcionamiento de estas estaciones es similar al de la REA y su gestión se hace siguiendo los mismos procedimientos.

#### 4.2 Red de la Generalidad de Cataluña

El CSC de la REA recibe, a través de un servidor del CSN situado en el centro de control de la red catalana en Barcelona, los datos de once estaciones de esta red. Estas estaciones presentan diferencias

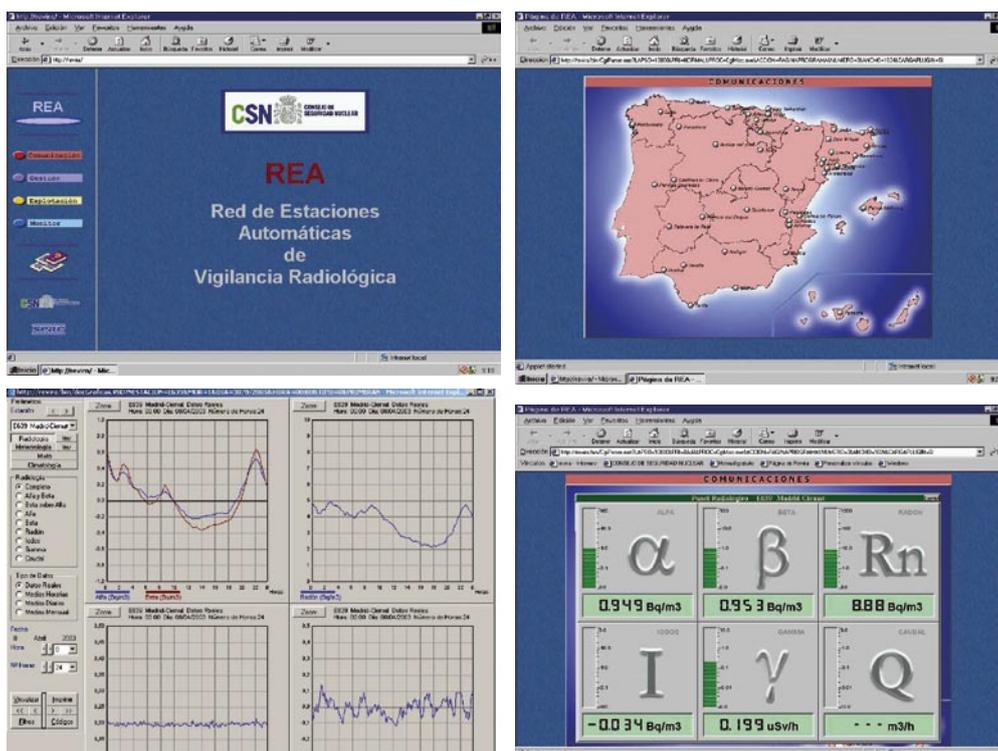


Figura 4. Red de Estaciones Automáticas de Vigilancia Radiológica.

con respecto a las estaciones de la REA:

Las estaciones de Almadraza y Ascó (gamma) tienen datos de tasa de dosis gamma y las restantes no tienen datos de tasa de dosis y tienen los mismos datos radiológicos de concentración en aire que las estaciones de la REA.

Los tiempos de contaje fijados y de actualización de datos no son los mismos que los utilizados en la REA.

#### 4.3 Red de la Comunidad autónoma del País Vasco

La red vasca está integrada por dos estaciones, situadas en Bilbao y Vitoria. El CSC de la REA recibe, a través del centro de control de la red vasca en Bilbao, los datos de estas estaciones. Además, la red vasca se completa con los datos de la estación de la REA situada en San Sebastián.

#### 4.4 Red de la Junta de Extremadura

La Junta de Extremadura tiene una red de alerta radiológica medioambiental gestionada desde el Departamento de Física Aplicada de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Extremadura.

Esta red está compuesta por seis estaciones en el entorno de la central nuclear de Almaraz, una estación en Fregenal de la Sierra y una estación móvil.

El CSN ha iniciado los trámites para establecer con la Junta de Extremadura un acuerdo similar a los existentes con las comunidades autónomas de Cataluña, Valencia y País Vasco.

### 5. Acuerdo con la Dirección General del Ambiente de Portugal

En enero de 1996 se firmó un Protocolo de Colaboración entre el CSN y la Dirección General del Ambiente (DGA) de Portugal en materia de explotación de redes automáticas de vigilancia radiológica ambiental.

Como desarrollo de este protocolo, dos estaciones de la red

del CSN y de la red de vigilancia radiológica ambiental de Portugal (RADNET) comparten los emplazamientos de Talavera la Real (Badajoz) y Penhas Douradas (Portugal) desde julio de 1996.

Desde entonces se puso en marcha un programa de intercambio de datos, que se materializa cada semana con el envío de datos de las estaciones de la REA que comparten emplazamiento a la Dirección General del Ambiente (DGA) de Portugal. Con la misma frecuencia se reciben desde la DGA los datos de las estaciones de la red portuguesa.

### 6. Programa EURDEP

Desde el año 1994, en el que se celebró la 1ª reunión sobre intercambio de datos radiológicos en tiempo real, organizada por el Joint Research Centre (JRC), el CSN participa en el programa de intercambio de datos de las redes automáticas de vigilancia de la Unión Europea, programa EURDEP (European Union Radiological Data Exchange Platform).

Esta participación se materializa con el envío de datos cada día y durante ejercicios.

Se ha implantado en el sistema de gestión y comunicaciones de la red un modo de operación de emergencia que, entre otras cosas, modifica la frecuencia de llamadas automáticas a una hora y genera, también de forma automática, los ficheros con la información a remitir a EURDEP, con el fin de cumplir el compromiso adquirido con la Comisión Europea de envío de datos con una frecuencia de al menos cada dos horas en situaciones de emergencia.

Se ha participado, con resultados sa-

tisfactorios, en varios ejercicios EURDEP poniendo en práctica los procedimientos de intercambio de datos en una situación de emergencia.

### 7. Información radiológica

El valor medio diario y mensual de la tasa de dosis gamma medida en cada una de las estaciones automáticas de la red del CSN y de las de las redes valenciana, catalana y vasca se facilita en la página web del CSN. <http://www.csn.es>.

También se dispone de un archivo histórico para consultas de periodos de tiempo más extensos.

El CSN, en los informes anuales que presenta al congreso y al senado, incluye información sobre todas las redes de vigilancia y sobre los resultados de los programas que se desarrollan en cada una de ellas. En dichos informes se incluye una tabla donde se recogen los valores medios de tasa de dosis obtenidos en el año en cada una de las estaciones de la red.

Periódicamente, con una frecuencia bianual, se edita una publicación monográfica en la que se recogen los resultados y la operación de la red de estaciones automáticas de vigilancia radiológica ambiental (REA) en los dos años anteriores a su publicación, así como el correspondiente análisis de los datos.

El CSN participa en el programa de intercambio de datos de

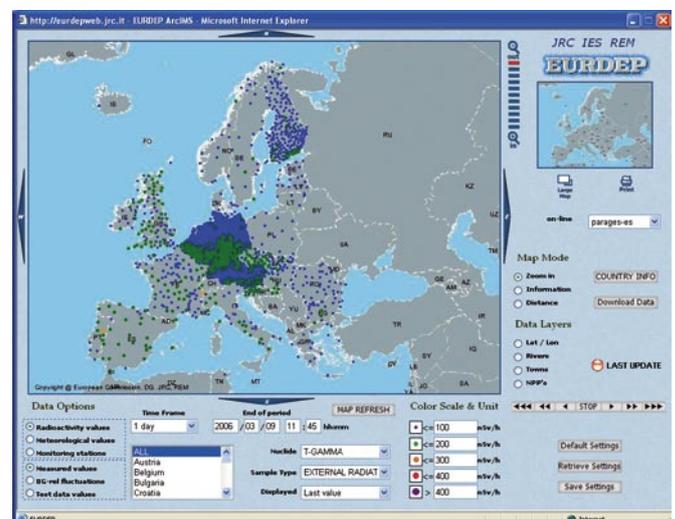


Figura 5. EURDEP.

► **Tabla 2. Valores medios de dosis gamma. Año 2005**

Estación	Tasa de dosis ( $\mu\text{Sv/h}$ )
Agoncillo (Rioja)	0,10
Almázcara (León)	0,21
Andújar (Jaén)	0,13
Autilla del Pino (Palencia)	0,14
Avilés (Asturias)	0,12
Herrera del Duque (Badajoz)	0,20
Huelva	0,12
Jaca (Huesca)	0,17
Lugo	0,15
Madrid	0,20
Motril (Granada)	0,09
Murcia	0,13
Palma de Mallorca	0,16
Penhas Douradas (Portugal)	0,26
Pontevedra	0,15
Quintanar de la Orden (Toledo)	0,17
Saelices el Chico (Salamanca)	0,17
San Sebastián (Guipúzcoa)	0,11
Santander	0,13
Sevilla	0,14
Soria	0,19
Talavera la Real (Badajoz)	0,10
Tarifa (Cádiz)	0,15
Tenerife	0,09
Teruel	0,13
Cofrentes (Red Valenciana)	0,16
Pedrones (Red Valenciana)	0,16
Jalance (Red Valenciana)	0,16
Cortes de Pallás (Red Valenciana)	0,16
Almadraba (Red Catalana)	0,11
Ascó (Red Catalana)	0,12
Bilbao (Red Vasca)	0,08
Vitoria (Red Vasca)	0,08

las redes automáticas de vigilancia radiológica de la Unión Europea, programa EURDEP (*European Unión Radiological Data Exchange Platform*).

29 países europeos participan en este programa enviando diariamente datos de sus respectivas redes automáticas de vigilancia radiológica: la información se encuentra disponible a través de Internet en la dirección <http://eurdepweb.Jrc.cec.eu.int>.

La REA permite la vigilancia en tiempo real de la radiactividad de la atmósfera, en diversas ocasiones, como por motivo de la presencia en Gibraltar de submarinos nucleares de la armada británica, el CSN ha desarrollado programas de vigilancia radiológica ambiental especiales. Los datos proporcionados por las estaciones de la REA se han incluido junto con los de la Red de Alerta a la Radioactividad de la DGPC en dichos programas de vigilancia.

Durante los días 3 al 9 de febrero de 2005 en los que permaneció el submarino Sceptre para su reparación en el puerto de Gibraltar, el CSN realizó un seguimiento especial de las estaciones de la REA y de la RAR situadas en el entorno de Gibraltar, manteniendo informadas a las autoridades correspondientes de los resultados de dicha vigilancia. 



► **Figura 6.** La información proporcionada por la REA se publica diariamente en la página web del Consejo de Seguridad Nuclear.

Los organismos reguladores nucleares en el mundo

# La Comisión Reguladora Nuclear de Estados Unidos (*United States Nuclear Regulatory Commission, USNRC*)

Comenzamos en este número una nueva sección dedicada a los organismos nacionales que, en el mundo, se encargan de regular el correcto uso de la energía nuclear.

Desde las circunstancias que dieron lugar a su creación y estudiando su evolución histórica vamos a conocer cómo trabajan, quiénes los dirigen y el porqué de su necesidad.

## 1. Introducción

La Comisión Reguladora Nuclear de Estados Unidos (USNRC) es una agencia independiente creada por la *Ley de Reorganización de la Energía* de 1974 para regular los usos civiles de los materiales nucleares. Tiene su sede en Washington D.C.

Las razones para su creación en ese momento fueron la creciente preocupación del público por la primacía del fomento de la energía nuclear frente a la seguridad y la protección radiológica, y la expansión de la industria comercial nuclear, elementos que hacían necesaria una agencia exclusiva para la vigilancia y control de la seguridad nuclear. Desde 1946 existía la Comisión de Energía Atómica (AEC) que se ocupaba tanto del fomento como de la regulación de la energía nuclear. Así, se consideró que a través de la limitación de responsabilidades de la NRC a las propias de la regulación, su configuración como agencia independiente con un formato de Comisión - con varios miembros de distintos partidos- conseguiría

augmentar la confianza del público en las decisiones gubernamentales relativas a la energía nuclear.

Otras agencias se ocupan de cuestiones nucleares en algunos campos, como el Departamento de Energía (DOE) que tiene responsabilidades relacionadas con la gestión de instalaciones y materiales nucleares, aunque sus funciones son diferentes de las de la NRC y la Administración de Investigación y Desarrollo de la Energía (ERDA) que se ocupa de promocionar la energía y el desarrollo y la eficiencia nucleares.

## 2. Funciones

La misión de la NRC es regular el uso civil de los materiales nucleares especiales, las fuentes y los productos derivados, para asegurar una adecuada protección de la salud y seguridad del público; promover la defensa común y la seguridad física, y proteger el medioambiente. Tres son las áreas principales de responsabilidad reguladora:

— Los reactores comerciales para la generación de electricidad

y los reactores para investigación, pruebas y formación.

— Los usos de materiales nucleares en la medicina, la industria y la docencia, así como las instalaciones productoras de combustible nuclear.

— El transporte, almacenamiento temporal y almacenamiento definitivo de materiales nucleares y residuos, y la clausura de instalaciones nucleares tras su operación.

La norma básica en los Estados Unidos en estos ámbitos es la *Ley de Energía Nuclear* de 1954, en la que se estableció una política nacional de desarrollo de usos pacíficos de la energía nuclear. Otras normas más detalladas describen las responsabilidades de la NRC en cuanto a residuos radiactivos de alta actividad, residuos de baja, colas de minería, revisiones medioambientales, no proliferación, antiterrorismo, salvaguardias y exportaciones e importaciones de isótopos radiactivos o de combustibles.

La *Ley de Energía Nuclear* de 1954 permite que el órgano regulador -la NRC- tenga un gran nivel

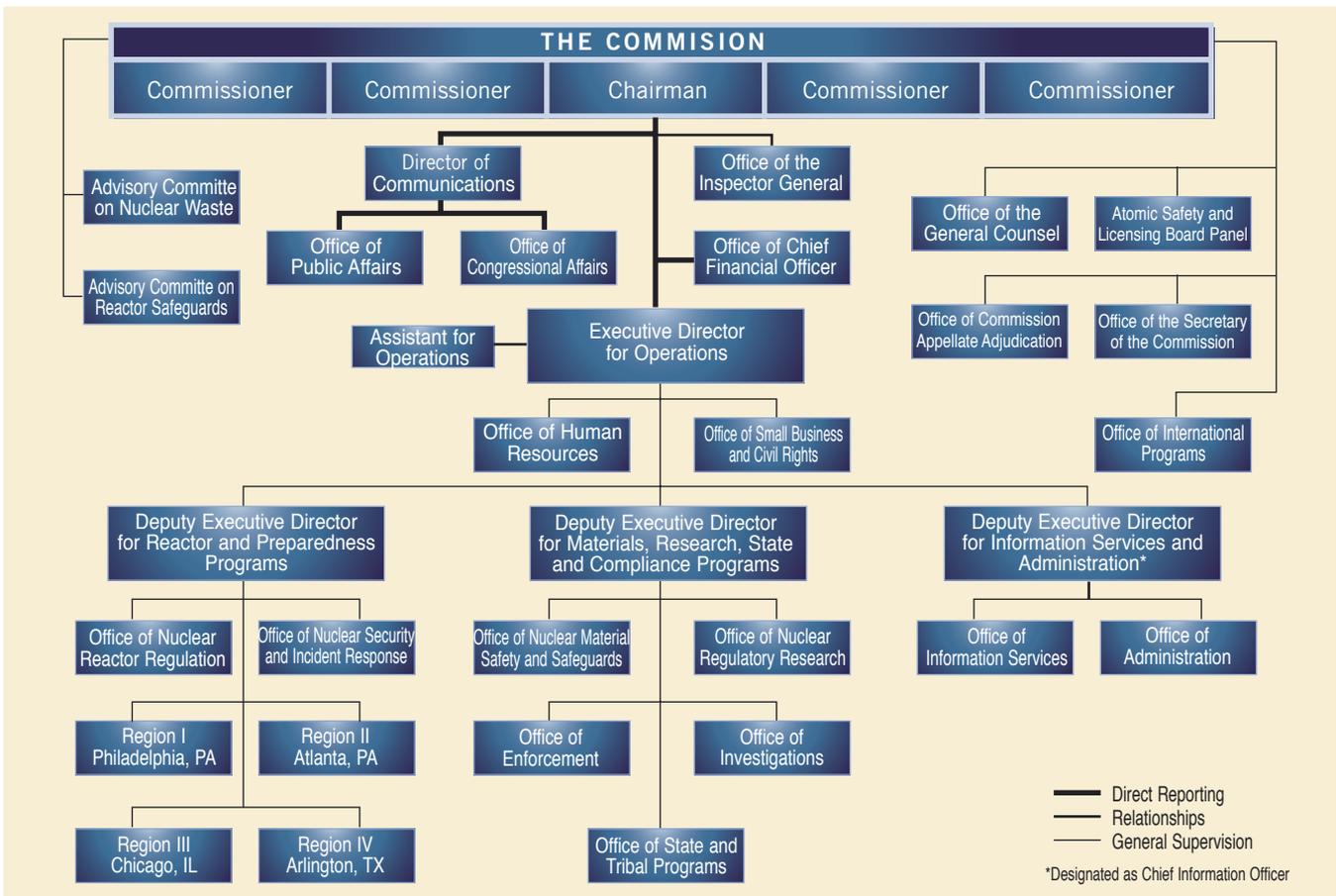


Figura 1. Organigrama de la Comisión Reguladora Nuclear de Estados Unidos (USNRC).

de independencia para tomar las decisiones que considere mejores. Además, la autoridad de licenciamiento de la NRC se extiende a otras agencias federales y al uso militar de radiofármacos en hospitales, si bien puede encomendar a los Estados la regulación de la mayoría de los usos de isótopos radiactivos a través de acuerdos (aunque no cabe esta cesión sobre centrales nucleares, instalaciones de combustible y cantidades críticas de masa de materiales nucleares especiales).

La NRC no tiene autoridad para regular ni los aceleradores productores de materiales nucleares, ni los materiales naturales distintos del torio y el uranio (regulados por la EPA o los Estados), ni los equipos productores de radiación (rayos X, etc).

Como autoridad reguladora, la NRC basa su trabajo en cinco principios: la independencia (decisiones objetivas basadas en criterios técnicos), la apertura (información al público, al Congreso de Estados Unidos y otras agencias, y a la

comunidad internacional), la eficiencia (en cuanto a la capacidad técnica y a la gestión de recursos), la claridad (en las decisiones y en la coherencia con las normas) y la confianza (que conceda estabilidad y seguridad en los procesos operacionales y de planificación).

Actualmente, las actividades reguladoras de la NRC dedican una atención especial al proceso de control de la seguridad de los reactores (*reactor safety oversight*) y a la renovación de licencias de centrales existentes, así como a la vigilancia de la seguridad de los materiales; al licenciamiento de éstos para varios objetivos, y a la gestión de los residuos tanto de alta como de baja actividad.

Al estar integrada en la rama ejecutiva del gobierno federal, se preserva su independencia, pues sus decisiones reguladoras no pueden ordinariamente ser dirigidas por el presidente de la nación (no obstante, por ley, la oficina de gestión y presupuesto de Estados Unidos revisa el presupuesto propuesto

por la NRC). Así, el Congreso no puede anular las decisiones de la Comisión, excepto si es a través de legislación promulgada al efecto.

La independencia del proceso de toma de decisiones de la NRC implica una responsabilidad compartida entre los consejeros y su personal técnico, para mantener el proceso libre de influencias externas inadecuadas. Esto es especialmente importante en el caso del arbitraje. Cuando los consejeros toman parte en los arbitrios, ordinariamente actúan en el papel de jueces de apelación y, en general, están obligados por el mismo tipo de normas y estructuras que se aplican a los jueces en los tribunales federales.

### 3. Organización

La NRC está dirigida por una Comisión de cinco miembros, que deben ser ciudadanos americanos y no pertenecientes al mismo partido político más de tres. Los consejeros sirven por un periodo fijo de cinco años. Uno de ellos es designado

presidente del organismo por el presidente de Estados Unidos. El estatuto de la NRC establece que cada miembro de la comisión debe tener acceso total a la información que sea necesaria para cumplir con sus obligaciones y tienen “igual responsabilidad y autoridad en todas las decisiones y acciones de la Comisión”.

Además, el presidente tiene obligaciones como portavoz y jefe ejecutivo de la Comisión, por lo que inicia el nombramiento, sujeto a la aprobación de la Comisión, del director ejecutivo de operaciones, del consejo general, de la secretaría, del jefe de la oficina financiera, de los directores de las oficinas de programas más destacadas y los administradores regionales, entre otros.

Las funciones de la Comisión son establecer políticas y regulaciones sobre la seguridad de los reactores nucleares y de los materiales nucleares, promulgando órdenes para los licenciarios y juzgando cuestiones legales de su competencia.

Existe un director ejecutivo de operaciones como puente entre la Comisión y el personal. Se trata del responsable de la plantilla de la NRC, y se ocupa de hacer ejecutar las directrices de la Comisión en asuntos de licenciamiento, regulación y administración. Supervisa y coordina el desarrollo de las políticas y actividades del personal, los programas y las oficinas regionales.

Entre las oficinas que conforman el organigrama, cabe destacar las siguientes:

— Oficina del Consejo General. Se ocupa de los asuntos jurídicos y da asesoramiento y asistencia legal al organismo y a su personal.

— Oficina del inspector general. Lidera y dirige las actividades de auditoría e investigación para promover la economía, eficiencia y efectividad dentro de la NRC, así como para prevenir y detectar el fraude, abuso o mala gestión en las operaciones y programas de la agencia. Informa de sus actividades al presidente de la NRC y al Congreso.

— Oficina de regulación de reactores nucleares. Se ocupa del licenciamiento, inspección y regulación de las centrales de generación eléctrica y otros reactores, dirigiendo también los criterios de actuación de las oficinas regionales en sus actividades sobre estos asuntos. Incluye la revisión técnica, certificación y licenciamiento de reactores nucleares avanzados y la renovación de las licencias actualmente operativas.

— Oficina de seguridad del material nuclear y de salvaguardias. Su función es asegurar la seguridad y salud públicas a través de revisiones sobre el licenciamiento, la inspección y el medioambiente. Esta oficina desarrolla y aplica las actividades reguladoras de la Comisión referentes a los usos de materiales radiactivos, la fabricación de combustible, el transporte, la gestión segura de los residuos y la gestión del desmantelamiento y clausura de las instalaciones. Se ocupa asimismo de velar por las salvaguardias nucleares.

— Oficina de ejecución (*enforcement*). Vigila, gestiona y dirige el desarrollo y aplicación de políticas y programas para que se cumplan los requisitos de la NRC. Aprueba órdenes y sanciones civiles.

— Oficina de seguridad nuclear y respuesta ante incidentes. Se ocupa de evaluar la seguridad física de las instalaciones nucleares, estando coordinada con otros departamentos con competencia en salvaguardias y seguridad física. Se ocupa de dirigir los programas de respuesta ante incidentes, creando las guías, programas, reglamentos y políticas de la preparación para emergencias.

Además, existen cuatro comités de asesoramiento (*Advisory Committees*), compuestos por expertos externos, sobre salvaguardias de reactores, residuos nucleares, usos médicos de los isótopos radiactivos y sobre la red de soporte al licenciamiento.

La NRC tiene cuatro oficinas regionales que están localizadas en Filadelfia (Región I), Atlanta (Región II), Chicago (Región III)

y Dallas (Región IV). Cada región está dirigida por un administrador regional, responsable de ejecutar en esa zona las políticas y programas que dicta la NRC sobre inspección, régimen sancionador, licenciamiento, revisiones de los acuerdos con los Estados y respuesta ante emergencias.

#### 4. Relación con el CSN

La NRC ha supuesto un modelo para España como organismo regulador, en el cual se ha basado el legislador para crear nuestro CSN. El hecho de que en España todas las centrales nucleares sean de tecnología americana, excepto Trillo, ha hecho que los técnicos del CSN estén muy familiarizados con las normas creadas por la NRC y la ejecución de programas y procesos de inspección y control. Por todo ello, el Consejo de Seguridad Nuclear mantiene un acuerdo de cooperación bilateral con la NRC, iniciado en 1974 (entre la, entonces, Junta de Energía Nuclear (JEN) y la Comisión de la Energía Atómica de Estados Unidos (USAEC), renovado en 2005, donde se proponen los mecanismos para el intercambio de información técnica, cooperación en investigación de seguridad confirmatoria, y entrenamiento de los técnicos del CSN, lo que permite la asistencia del personal a cursos y estancias de prácticas en la institución americana y el acceso a la información necesaria para impulsar la aplicación de códigos, métodos y experiencias, tanto en seguridad nuclear como en protección radiológica y percepción de riesgo por el público. La relación del CSN con la NRC es de extraordinaria importancia para el Consejo de Seguridad Nuclear y es continua.

#### 5. Datos de interés

Más información sobre la NRC se puede encontrar en: <http://www.nrc.gov>

U.S. Nuclear Regulatory Commission.

Washington, D.C. 20555

Toll-free: 800-368-5642 Local:

301-415-8200 TDD: 301-415-

5575, o e-mail: [opa@nrc.gov](mailto:opa@nrc.gov) 

# Actualidad

- Centrales nucleares • Instalaciones del ciclo y en desmantelamiento • Instalaciones radiactivas • Acuerdos del Consejo • Actuaciones en emergencias • Asesoría jurídica •

## ▶ CENTRALES NUCLEARES

*La información se refiere al periodo comprendido entre el 20 de noviembre de 2005 y el 20 de febrero de 2006.*

### Almaraz

Durante el periodo considerado, ambas unidades de Almaraz han funcionado sin novedad al 100% de potencia, salvo el disparo de la unidad I del 31 de enero de 2006 relatado a continuación:

Con la unidad I en modo 1 de operación al 100% de potencia nuclear, y el grupo suministrando una carga de 985 MW/h, a las 07:35 horas se produce el disparo de la turbobomba de agua de alimentación principal FW1-PP-O por actuación de la protección del cojinete de empuje de la misma, originando un *run-back* en turbina hasta 658 MW. Durante este transitorio se produjo, a las 7 horas y 40 minutos, la parada automática del reactor por disparo de turbina 4-P7 debido a muy alto nivel en el generador de vapor 1.

Todos los sistemas de control y de seguridad actuaron correctamente.

La actuación de la protección del cojinete de empuje, que originó el disparo de la turbobomba A de agua de alimentación principal, se debió a la actuación espuria del interruptor de presión PS2A originada por una obstrucción en la válvula solenoide de prueba SV9.

Subsanada la anomalía por Instrumentación y Control, el reactor se hizo crítico a las 17 horas y 15 minutos del día 31 de enero de 2006, acoplándose



Central nuclear de Almaraz.

la unidad a la red a las 2 horas y 3 minutos de este mismo día.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado nueve inspecciones durante este periodo.

### Ascó

El día 30 de enero se produjo en la unidad I el aislamiento de la ventilación de sala de control por la señal del detector de humos, provocada por el humo producido en el arranque del generador diésel alternativo al efectuar la prueba trimestral, y favorecido por



Central nuclear de Ascó.

las condiciones climatológicas adversas (nevada con ráfagas de viento). Tras la desaparición del humo, se normalizó el sistema de ventilación.

En cuanto a la unidad II, el 18 de enero se produjo una parada no programada para reparar una fuga de agua en un cierre de la turbo-bomba de agua de alimentación principal A.

El día 17 de enero se planificó una reducción de potencia por debajo del 70% para reparar el cierre de la citada turbo-bomba, cuya fuga había aumentado recientemente. Tras la reducción de potencia planificada, no se consiguió el aislamiento total de la turbo-bomba, y la central consideró necesario parar la otra turbo-bomba para poder efectuar la reparación, por lo que el día 18 decidió llevar la unidad a modo 2. Tras la reparación de la fuga, se procedió al arranque de la planta.

En su reunión de 30 de noviembre de 2005, el Consejo informó favorablemente la prórroga de la autorización sobre protección física de materiales nucleares (RD 158/1995). Esta prórroga fue concedida

por resolución de la Dirección General de Política Energética y Minas de 5 de diciembre de 2005.

En su reunión de 28 de diciembre de 2005, el Consejo informó favorablemente la revisión número 9 del Plan de Emergencia Interior de la central nuclear de Ascó. Esta revisión fue aprobada por resolución de la Dirección General de Política Energética y Minas de 16 de enero de 2006.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado dos inspecciones durante este periodo.

### Cofrentes

La central ha permanecido operando con normalidad a plena potencia, excepto durante algunas bajadas de carga llevadas a cabo para realizar trabajos de mantenimiento y reestructuración de las barras de control. En todas estas situaciones, la central ha permanecido acoplada a la red.

En su reunión del día 30 de noviembre de 2005, el Consejo informó favorablemente la prórroga de la autorización sobre protección física de materiales (*RD 158/1995*), junto con las del resto de las centrales nucleares españolas.

En su reunión del día 16 de diciembre de 2005, el Consejo informó favorablemente la revisión 13 del Plan de Emergencia Interior (PEI), incorporando cambios derivados de la entrada en vigor del nuevo Plan Básico de Emergencia Nuclear (PLABEN), así como mejoras relativas a los sucesos iniciadores externos y a los criterios de concentración y recuento del personal.

En su reunión del día 21 de diciembre de 2005, el Consejo realizó un apercibimiento a esta central, por incumplimiento del plazo establecido en las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento Mejoradas (ETFM) para la ejecución de la prueba integrada de fugas de la contención (ILRT).

El Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado dos inspecciones durante este periodo.



Central nuclear de Cofrentes.

### José Cabrera

La central ha operado a potencia de forma estable durante todo este periodo al 94% de potencia térmica nominal, salvo entre los días 2 y 5 de diciembre en que se bajó carga para realizar la prueba de medida del coeficiente de temperatura del moderador.

Por otro lado, el día 8 de diciembre de 2005 se observó un comportamiento anómalo en el caudal de cierre de la bomba de refrigerante del reactor, lo que motivó la parada de la central el 10 de diciembre para cambiar el sistema de cierres de la bomba al encontrarse deteriorado. Esta parada duró ocho días. El titular notificó este suceso el 10 de diciembre de 2005 en el informe de suceso notificable ISN-04/05.

Además, el día 10 de diciembre de 2005 el titular también notificó (ISN-03/05) la superación de la condición límite de operación de baja presión en el sistema de refrigeración del reactor debido a una bajada rápida de carga realizada cuando se detectó el problema en los cierres mencionado anteriormente.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado cuatro inspecciones durante este periodo.

Siguen su curso las tareas planificadas para el licenciamiento del almacén temporal individualizado y las preparatorias del cese de explotación de la central previsto para el próximo 30 de abril de 2006.

### Santa María de Garoña

La central ha operado a la potencia térmica nominal, excepto alguna reducción de potencia llevada a cabo para realizar pruebas de especificaciones de funcionamiento.

En su reunión del día 23 de noviembre de 2005, el Consejo de Seguridad Nuclear acordó informar favorablemente la revisión 19 del Reglamento de Funcionamiento.

En su reunión del día 30 de noviembre de 2005, el Consejo de Seguridad Nuclear acordó informar favorablemente la concesión de una nueva prórroga de la autorización sobre protección física de los materiales nucleares (*Real Decreto 158/1995*).

En su reunión del día 16 de diciembre de 2005, el Consejo de Seguridad Nuclear acordó informar favorablemente la revisión 9 del Plan de Emergencia Interior.

En su reunión del día 28 de diciembre de 2005, el Consejo de Seguridad Nuclear acordó informar favorablemente la revisión 8 de las especificaciones técnicas de funcionamiento mejoradas.

El simulacro anual de plan de emergencia interior se realizó el 24 de noviembre de 2005. En esta ocasión el escenario simulado se inició con una amenaza para la seguridad física de la central continuando con un fallo en la inserción de barras de control al realizar la central la parada del reactor. En el escenario simulado se llegó hasta Categoría III "Emergencia de Emplazamiento".

El titular no ha comunicado al CSN ningún suceso notificable durante este periodo.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado tres inspecciones a la central durante este periodo.



Central nuclear Santa María de Garoña. Subestación.

### Trillo

La central ha estado funcionando al 100% de potencia en condiciones estables durante todo el periodo excepto el día 16 de febrero de 2006, en que se produjo una parada automática del reactor por activación del valor límite de DNB (margen de la distancia a la ebullición nucleada) del sistema de protección del reactor.

En este periodo se produjo el incidente notificable relativo a la parada automática del 16 de febrero de 2006 que no revistió especial relevancia.

El CSN, en su reunión del 30 de noviembre de 2005, acordó informar favorablemente la prórroga de la autorización sobre protección física de materiales nucleares.

El CSN, en su reunión del 30 de noviembre de 2005, acordó informar favorablemente la revisión 30 de las especificaciones de funcionamiento.

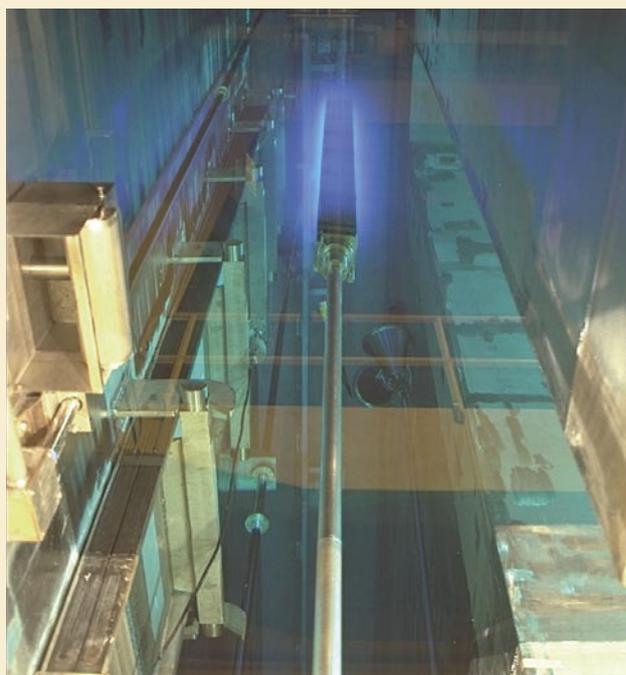
El CSN, en su reunión del 16 de diciembre de 2005, acordó informar favorablemente la revisión 12 del plan de emergencia interior.

El CSN, en su reunión del día 15 de febrero, informó favorablemente la revisión 31 de las especificaciones de funcionamiento.

Se han realizado en este periodo siete inspecciones.

### Vandellós 2

La central ha estado funcionando al 100% de potencia nuclear durante este periodo, de forma estable, excepto el día 16 de febrero de 2006 en que se produjo la parada automática no programada del reactor por fallo en sistema de control de turbina. Este fallo se debió a su vez, a un fallo de los ordenadores que controlan el proceso de regulación de la turbina. Subsanaos los fallos, la central volvió a operación a plena potencia.



Barras de combustible en la piscina del reactor de la central nuclear Vandellós 2.

Hacia final del mes de diciembre, se produjeron cuatro pérdidas de suministro eléctrico de la línea de 220 KV (Ribaroja), sin que se produjeran variaciones de carga en la central. Durante la pérdida de la línea de Ribaroja se conectó el transformador de la línea de 110 KV y así se mantuvo la configuración de transformadores hasta la recuperación y estabilización de la línea de Ribaroja.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha realizado ocho inspecciones durante este periodo.

---

## ● INSTALACIONES DEL CICLO Y EN DESMANTELAMIENTO

---

### Ciemat

Tras la autorización del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio del proyecto PIMIC-Desmantelamiento, el Ciemat está a la espera de la licencia municipal de obras, para comenzar las actividades de desmantelamiento de diversas instalaciones nucleares y radiactivas del centro, contempladas en el Plan Integrado de Mejora de las Instalaciones del Ciemat (PIMIC).

Dentro del proceso de caracterización radiológica del Ciemat incluido en el PIMIC, el día 9 de febrero se detectó una zona de su área deportiva que superaba los criterios establecidos para la liberación del centro del control regulador, iniciándose las actividades de rehabilitación establecidas para estos casos.

Durante este periodo se han realizado dos inspecciones de control del proyecto PIMIC, una programada y otra no programada, esta última motivada por el hallazgo de material radiactivo en la zona deportiva del centro. También se han realizado tres inspecciones a

## ACUERDOS DEL CONSEJO

*A continuación se presentan los acuerdos más significativos adoptados por el Consejo en el periodo comprendido entre el 18 de noviembre de 2005 y el 15 de febrero de 2006. Puede consultar el listado completo de los acuerdos del CSN en la página web [www.csn.es](http://www.csn.es)*

### **Autorización de funcionamiento de la instalación radiactiva de segunda IR-32 “Laboratorio de preparación de muestras” del Ciemat**

El Consejo, en su reunión de 18 de enero de 2006, acordó informar favorablemente sobre el funcionamiento de la instalación radiactiva de segunda categoría IR-32 “Laboratorio de preparación de muestras” del Ciemat en los términos propuestos por la Dirección Técnica de Protección Radiológica.

### **Nombramiento de representantes del CSN en EUROSAFE**

El Consejo, en su reunión de 27 de enero, autorizó los nombramientos de Antonio Munuera Bassols, subdirector general de Ingeniería, para el puesto de representante del Consejo de Seguridad Nuclear en EUROSAFE y de José Ignacio Calvo Molins, subdirector general de Tecnología Nuclear, como administrador del acuerdo con la NRC para el intercambio de infor-

mación técnica y cooperación en materia de seguridad nuclear.

### **Nombramiento de representantes del CSN para los subgrupos 1 y 2 del Grupo Ad-hoc de seguridad nuclear de la Unión Europea**

El Consejo, en su reunión del 21 de diciembre de 2005, aprobó los nombramientos de los representantes del CSN en los subgrupos números 1 y 2 respectivamente, del grupo *ad-hoc* de seguridad nuclear de la Unión Europea en los siguientes términos:

- Subgrupo 1, sobre seguridad en instalaciones nucleares: Antonio Munuera Bassols
- Subgrupo 2, sobre seguridad en la gestión de los residuos: Carmen Ruiz López y Julia López de la Higuera.

### **Análisis del diseño de los equipos de gammagrafía distribuidos en España. Propuesta de un Plan de Actuación**

El Consejo, en su reunión del 16 de diciembre de 2005, aprobó el Plan de Actuación para los equipos de gammagrafía, en los términos propuestos en el informe de la Dirección Técnica Protección Radiológica que supone:

1. Un envío de instrucciones técnicas complementarias a las instalaciones radiactivas y a las empresas comercializadoras del

sector de la gammagrafía, con el contenido de las conclusiones de este informe previamente a requerir su cumplimiento, se les dará a conocer su contenido, con el fin de recoger y conocer sus comentarios al respecto.

2.- Reevaluación, por parte de este organismo, de las operaciones de mantenimiento preventivo y correctivo a llevar a cabo en cada uno de los modelos de gammógrafo.

### **Central nuclear de Almaraz: revisión número 15 del plan de emergencia interior**

El Consejo, en su reunión de 16 de diciembre de 2005, acordó informar favorablemente la revisión número 15 del plan de emergencia interior de la central nuclear de Almaraz.

### **Acuerdo Marco de colaboración entre el CSN, Enresa, Enusa, Unesa y Ciemat para el desarrollo del programa sobre criterios de diseño y seguridad para el almacenamiento y transporte de combustible gastado**

El Consejo, en su reunión de 15 de febrero 2005, acordó aprobar la ratificación del Acuerdo Marco de colaboración entre el CSN, Enresa, Enusa, Unesa y Ciemat para el desarrollo del programa sobre criterios de diseño y seguridad para el almacenamiento y transporte del combustible gastado.

instalaciones radiactivas del centro, dos a instalaciones operativas y otra a una nueva instalación en proceso de autorización.

### **Fábrica de uranio de Andújar**

Se ha continuado con el seguimiento del programa de vigilancia y mantenimiento del emplazamiento.

Se están evaluando la revisión del modelo hidrogeológico y el plan de actuación sobre la cumbre del dique que ha presentado el titular.

### **Planta Lobo G de la Haba (Badajoz)**

Continúa el seguimiento del programa de vigilancia y control del emplazamiento ya clausurado.

### **Centro medioambiental de Saelices el Chico (Salamanca)**

La planta Elefante está en periodo de cumplimiento tras haber finalizado las obras de desmantelamiento y de estabilización de las escombreras de estériles. Durante este periodo se llevará a cabo el programa de

vigilancia y control de las aguas subterráneas del emplazamiento y del comportamiento de las capas y estructuras de cobertura de las escombreras mencionadas.

La planta Quercus, actualmente en parada definitiva, está a la espera de la autorización del plan de desmantelamiento propuesto por Enusa al Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Este plan de desmantelamiento se encuentra actualmente en proceso de revisión y evaluación por parte del CSN.

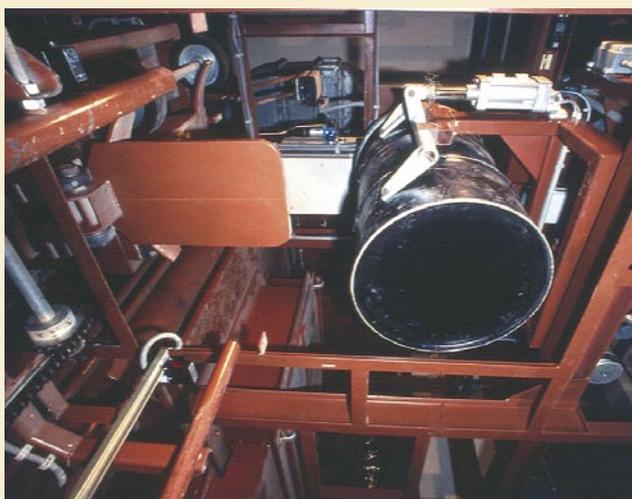
Prosigue, conforme a la programación, la restauración del emplazamiento afectado por las antiguas actividades mineras del centro.

### Otras instalaciones mineras

Recientemente, el CSN también ha informado favorablemente acerca de los planes de restauración de dos emplazamientos de antiguas explotaciones mineras de mineral de uranio sitas en la provincia de Salamanca.

### Centro de almacenamiento de residuos radiactivos de El Cabril

Se ha continuado con los procesos de evaluación de las distintas solicitudes de modificación y ampliación presentadas por el titular.



El Cabril. Edificio de acondicionamiento. Compactadora.

El Ministerio de Industria, Turismo y Comercio ha concedido la prórroga para manipulación y almacenamiento de sustancias nucleares y la ejecución y montaje de las celdas para el almacenamiento de residuos de muy baja radiactividad.

Se han realizado cuatro inspecciones a la instalación sobre: control de aguas subterráneas, sistemas eléctricos, procesos de aceptación de residuos y control de efluentes.

### Vandellós I

El CSN continúa la evaluación del plan de restauración del emplazamiento de la instalación con objeto de liberar del control regulador parte del emplazamiento de la instalación, que actualmente se encuentra en periodo de latencia.

### Fábrica de combustible de Juzbado

El Consejo, en su reunión de 30 de noviembre de 2005, acordó informar favorablemente sobre la prórroga de la autorización para el ejercicio de actividades de importación, exportación, manipulación, procesado, almacenamiento y transporte de materiales nucleares, en el marco del *Real Decreto 158/1995*, sobre protección física de los materiales nucleares. Esta revisión fue aprobada por resolución de la Dirección General de Política Energética y Minas de 5 de diciembre de 2005.

El Consejo, en su reunión de 23 de noviembre de 2005 apreció favorablemente la solicitud de exención temporal de la Acción 6.3.2 de la Especificación de Funcionamiento 6.1, que concede 90 días para poder mantener inoperable una de las lagunas de regulación del sistema de tratamiento de efluentes líquidos, inoperable desde el 27 de agosto, con objeto de ampliar el plazo de inoperabilidad de la misma hasta el 31 de marzo de 2006, en el que se podrán efectuar vertidos directamente desde la planta de tratamiento de desechos radiactivos líquidos a la arqueta de mezcla en determinadas condiciones, una vez aprobada una modificación de diseño que está preparando el titular.

El Consejo, en su reunión de 28 de diciembre de 2005, acordó conceder al titular la autorización para el servicio de protección radiológica de la central que había solicitado atendiendo al artículo 24 del *Real Decreto 783/2001*, por el que se aprueba el nuevo *Reglamento de protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes*.

El Consejo, en su reunión de 15 de febrero de 2006, acordó informar favorablemente sobre la solicitud de modificación de los límites de aceptación para la composición isotópica del uranio en la fábrica de elementos combustibles de Juzbado. Esta modificación está pendiente de aprobación por la Dirección General de Política Energética y Minas.

El Consejo, en su reunión de 15 de febrero de 2006, acordó informar favorablemente sobre la solicitud de autorización de modificación para el almacenamiento en el almacén temporal de residuos radiactivos sólidos (ATRRS) de bidones de residuos radiactivos procedentes de reducción de volumen realizada por operadores externos y documentos de licencia afectados. Esta modificación está pendiente de aprobación por la Dirección General de Política Energética y Minas.

Durante el periodo considerado se ha realizado una inspección sobre operaciones en planta, incluida en el Programa Base de Inspección, y fuera del mismo se ha realizado una inspección con objeto de realizar comprobaciones y recabar información relativa a los análisis de criticidad soporte de la modificación presentada para la fabricación del diseño de elemento combustible denominado GNF-2, así como al estado de implantación del nuevo almacén de polvo de óxido de uranio.

En cuanto a las actividades reguladoras más significativas, se encuentran en proceso de evaluación los temas siguientes:

## ACTUACIONES EN EMERGENCIAS

*Información referida al periodo comprendido entre el 21 de noviembre de 2005 y el 20 de febrero de 2006.*

### Sucesos notificables

Durante este periodo se han recibido en la Sala de Emergencias del CSN (Salem) cuatro informes de suceso notificable en una hora y siete informes de suceso notificable en 24 horas; de éstos, cuatro corresponden a ampliación de la información enviada en los correspondientes sucesos de una hora. En ninguno de ellos ha sido necesaria la activación de la Organización de Respuesta ante Emergencias (ORE) del CSN.

### Incidentes radiológicos

El día 28 de noviembre de 2005 se recibió en la Salem un fax de la empresa Becton Dickinson SA informando del posible extravío de un vial conteniendo cantidades exentas de solución de carbono 14.

El día 29 de noviembre se recibió notificación de detección de chatarra radiactiva en un pórtico de entrada de la empresa SIDENOR Industrial en Basauri.

El día 2 de diciembre se recibió notificación, por parte de los bomberos, de un accidente de un vehículo que transportaba un bulto radiactivo en el Km 13 de la carretera M-413. Se comprobó que el bulto (un CPN, equipo de medida de densidad y humedad del suelo), no había sufrido ningún daño como consecuencia del accidente, y se procedió a su retirada.

El día 12 de enero se recibió un suceso notificable en 24 horas de la central nuclear de Cofrentes sobre un incidente, sin consecuencias radiológicas, ocurrido el día 5 de enero. El suceso consistió en la detección de actividad al pasar el vehículo de recogida de residuos por el equipo de medida situado en la puerta de la central. Tras chequear las bolsas que transportaba se identificó y aisló una pequeña pieza metálica con actividad por debajo del valor de exención.

El día 17 de enero de 2006, la empresa Nucliber SA, (IRA/1600), notificó la caída de un bulto homologado como B (U) en el aeropuerto de Barajas (Madrid). El bulto contenía cuatro fuentes encapsuladas

de Ir-192, utilizadas para gamma-grafía industrial, con una actividad total de 339 GBq y cayó desde el borde de la bodega del avión golpeándose contra el suelo. El bulto quedó bajo custodia de Iberia tras la comprobación por parte del supervisor de Nucliber que no había sufrido ningún daño.

El día 20 de enero se recibió suceso notificable en 24 horas de la planta de esterilización IONMED SA de un suceso sin consecuencias radiológicas. El suceso supuso la activación la alarma de detectores de personas de la zona del irradiador debido al mal funcionamiento del circuito impreso del equipo.

El día 1 de febrero se recibió una notificación desde el hospital General Yagüe de Burgos, comunicando el incidente ocurrido el día anterior en la instalación radiactiva IR-2135. Dicho incidente tuvo lugar al finalizar una fase de tratamiento de un paciente cuando se produjo la no retracción de la fuente a su posición de blindaje. El operador de la instalación procedió según el protocolo de emergencias



Filtro secundario de efluentes radiactivos gaseosos de la fábrica de combustible de Juzbado.

— Modificaciones del estudio de seguridad y las especificaciones de funcionamiento, para recoger las nuevas especificaciones sobre efluentes y la metodología de cálculo de los límites establecidos.

— Revisión del capítulo 3 del estudio de seguridad.

— Prórroga del permiso de explotación provisional de la fábrica y la revisión periódica de la seguridad y los documentos oficiales de explotación siguientes: estudio de seguridad, especificaciones de funcionamiento, plan de emergencia interior y reglamento de funcionamiento.

— Solicitud de modificación del reglamento de funcionamiento, manual de protección radiológica y plan de emergencia interior, como consecuencia de cambios organizativos.

— Solicitud de modificación para la fabricación de un nuevo tipo de combustible BWR, GNF2.

establecido. Posteriormente el supervisor de la instalación dio aviso a la unidad de protección radiológica.

El día 9 de febrero se recibió una notificación por fax del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), en la que se informó de que en los sondeos realizados para la caracterización radiológica con vistas a la rehabilitación de sus terrenos, se había detectado material radiactivo en una parcela donde se encontraba ubicada la zona deportiva del centro, adoptándose las medidas para garantizar la protección de los trabajadores y del público durante las tareas de rehabilitación. El CSN emitió dos notas de prensa informando del suceso.

Durante este periodo se ha notificado a la Salem un único incidente radiológico de carácter internacional: el día 6 de diciembre de 2005 se recibió mensaje ECURIE informativo procedente de ANPA (Italia) informando del robo de un camión con una fuente de Iridio-92 ocurrido el día 25 de noviembre.

### Actividades en materia de emergencias

En este periodo han sido impartidos por personal de la empresa adjudicataria del contrato de adquisición de 3.000 dosímetros de lectura directa para su uso en intervenciones de emergencia, los primeros cursos de manejo y gestión de dichos equipos, tanto a personal de la UTPR contratada por el CSN para el apoyo a emergencias, como a técnicos de la Subdirección General de Emergencias y de la Subdirección General de Instalaciones Nucleares que integran los grupos radiológicos de

los planes de emergencia nuclear exteriores.

El 24 de noviembre se realizó desde la nueva Salem, el simulacro anual del Plan de Emergencia Interior (PEI) de la central nuclear Santa María de Garoña. En este simulacro se activó el Centro de Apoyo Técnico (CAT) de la central nuclear, así como el Centro de Control Operativo (CECOP) del PENBU. En el simulacro, presenciado *in situ* por inspectores del CSN, se activó además la Salem con el personal necesario para afrontar dicha situación de emergencia simulada.



Instalaciones de la central nuclear Santa María de Garoña.

— Solicitud de modificación de especificaciones de funcionamiento y estudio de seguridad, como consecuencia de la propuesta de cambio del sistema de tratamiento de efluentes radiactivos líquidos, consistente en la supresión de la laguna de regulación número 1.

El 20 de febrero se ha recibido de la Dirección General de Política Energética y Minas del MITC, la comunicación de anulación del proyecto de desclasificación de chatarras, solicitada por Enusa, que ha acordado mantener reuniones con el CSN para establecer la metodología requerida.

Enusa ha solicitado la concesión de seis licencias de operador de hornos de sinterizado cualificado para actuar como director de emergencia, para la fábrica de Juzbado.

## ▶ INSTALACIONES RADIATIVAS

### Resoluciones adoptadas sobre instalaciones radiactivas con fines científicos, médicos, agrícolas, comerciales o industriales y actividades conexas

Entre el 31 de noviembre de 2005 y el 28 de febrero de 2006, el CSN ha realizado las siguientes actuaciones: 15 informes para autorizaciones de funcionamiento de nuevas instalaciones, 52 informes para autorizaciones de modificación de instalaciones previamente autorizadas y 14 informes para declaración de clausura; seis informes para la autorización de retirada de material radiactivo; un informe para autorización de servicios de protección radiológica; siete informes

## ACTUACIONES EN EMERGENCIAS

El simulacro se realizó con escenario secuencial de supuestos previamente desconocido, tanto para la mayor parte de actuantes de la instalación, como del propio CSN.

Mediante la realización del simulacro se ha probado el nivel de respuesta de la instalación, la correcta actuación de los participantes, el buen estado de los sistemas puestos en juego y en general la operatividad de los medios de que dispone el plan de emergencia interior y el adiestramiento del personal en su correcta utilización, tomándose nota, tanto por los observadores de las centrales, como por los inspectores del CSN, de los temas susceptibles de mejora.

Se ha comunicado a todas las centrales nucleares que a partir de enero de 2006, la nueva red de comunicaciones IP instalada por el CSN, será el sistema oficial de comunicaciones de voz en caso de emergencia entre el CSN, las cen-

trales nucleares y los diferentes puntos establecidos en el Plaben, este sistema permite la transmisión de voz, datos y videoconferencia entre todos ellos.

Tras la aprobación por el CSN de la revisión 4 del Plan de Actuación ante Emergencias del Organismo (PAE), ha continuado el programa de formación a todo el personal del CSN, estructurado en función del nivel de responsabilidad y grado de implicación en la Organización de Respuesta ante Emergencias (ORE).

Ha sido aprobada por el Pleno del CSN la propuesta de acuerdo entre el CSN y el Ciemat y entre el CSN y la UPM de Madrid para la integración del Sistema de Ayuda a la Toma de Decisiones en caso de Emergencia (RODOS) en la Salem del CSN.

Ha sido firmado el contrato por el que se acometerá en el primer semestre del año 2006, la mejora de la gestión del centro de documentación de la Salem.

En la L Sesión de la Comisión Permanente de la Comisión Nacional de Protección Civil, de 1 de diciembre de 2005, fue presentado el borrador 0 de la *Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante Riesgo Radiológico*, que ha sido elaborado conjuntamente por la DGPC y el CSN.

En la XXVI Reunión de la Comisión Nacional de Protección Civil, el 19 de enero de 2006, fueron informados favorablemente los planes directores de los planes de emergencia nuclear, trámite previo a su aprobación definitiva por el Consejo de Ministros.

Asimismo, en esta reunión fue informada favorablemente la *Norma Básica de Autoprotección Corporativa* incluyendo los oportunos comentarios del CSN en el sentido de que cuando las instalaciones o actividades a las que se refiere la Norma Básica dispongan de reglamentación específica propia que regule su régimen de auto-

para autorizaciones de empresas de venta y asistencia técnica de equipos de rayos X para radiodiagnóstico médico, cuatro informes relativos a aprobación de tipo de aparatos radiactivos, 11 informes sobre homologación de cursos de formación para la obtención de licencias o acreditaciones de personal.

### Acciones coercitivas adoptadas sobre instalaciones radiactivas con fines científicos, médicos, agrícolas, comerciales o industriales y actividades conexas

Entre el 31 de noviembre de 2005 y el 28 de febrero de 2006, el CSN ha remitido 36 apercibimientos a instalaciones radiactivas y actividades conexas, de ellos 15 se han dirigido a instalaciones industriales, uno a una instalación médica, uno a una instalación de investigación, uno a una empresa de venta y asistencia técnica de equipos de rayos X para radiodiagnóstico médico y 18 a instalaciones de rayos X de radiodiagnóstico médico.

Asimismo, se ha propuesto la apertura de expediente sancionador a los titulares de tres instalaciones radiactivas

industriales. En uno de los casos el CSN procedió a la suspensión temporal del funcionamiento de la instalación.

### Real Decreto 229/2006 sobre el control de fuentes radiactivas encapsuladas de alta actividad y fuentes huérfanas

El día 24 de febrero se aprobó el Real Decreto indicado en el asunto, que fue publicado en el Boletín Oficial del Estado el día 28 de febrero.

El Real Decreto transpone a la reglamentación nacional la *Directiva 122/2003/EURATOM*. Establece requisitos para conseguir, por un lado, un estricto control de las fuentes radiactivas encapsuladas de alta actividad durante todo su periodo de vida, desde su fabricación hasta su correcta gestión al final de su vida útil y, por otro, hacer frente a los riesgos que plantea la existencia de fuentes radiactivas sobre las que, o nunca ha habido o se ha perdido el control y que son las conocidas como fuentes huérfanas, estableciendo los cauces conducentes a la detección y recuperación del control sobre ellas.

rizaciones, los procesos de control administrativo y técnico de sus planes de emergencia interior responderán a los dispuesto en la citada reglamentación específica.

### Actividades en protección física

Desde el último periodo informado, el CSN ha inspeccionado el sistema de protección física de los materiales nucleares del Centro de Investigaciones Energéticas y Medioambientales.

El CSN ha participado muy activamente en diferentes programas internacionales que tienen el objeto de reforzar tanto el sistema nacional como el sistema internacional de protección física de los materiales e instalaciones nucleares y que constituyen un magnífico foro de intercambio de información y experiencias respecto a diferentes prácticas internacionalmente aceptadas en materia de seguridad física. Entre estas actividades cabe destacar:

— Participación de un experto del CSN como ponente, dentro de un equipo internacional de expertos, en el curso regional sobre “Fundamentos de los sistemas de protección física de las instalaciones y los materiales nucleares”, impartido por el Organismo Internacional para la Energía Atómica (OIEA), en México DF.

— Participación de un experto del CSN, formando parte de un equipo internacional de expertos en la Misión IPPAS (*International Physical Protection Advisory Service*) llevada a cabo en Holanda por el OIEA y solicitada por el Gobierno de aquel país.

— Participación de varios expertos del CSN en las reuniones de preparación y en las sesiones de capacitación básica de personal para la operación de los sistemas de vigilancia radiológica instalados en el puerto de Algeciras como parte de la Iniciativa MEGAPORTS contra la proliferación y tráfico ilícito de material

nuclear y radiactivo del Departamento de Energía de los Estados Unidos de América.

Asimismo, el CSN ha impartido a miembros de diferentes unidades de las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado, las siguientes sesiones de formación y entrenamiento:

— Curso de seguridad nuclear y de protección física a oficiales, suboficiales y guardias de la Guardia Civil de las comandancias involucradas en la respuesta a contingencias de protección física de la central nuclear de Cofrentes.

— Sesión de formación sobre accidentes nucleares y protección física de los materiales nucleares contra robo o sabotaje radiológico a miembros de la Unidad Central de Técnicos en Desactivación de Explosivos (TEDAX) y NRBQ de la Dirección General de la Policía, Madrid.

Los poseedores autorizados de fuentes de alta actividad deberán llevar una hoja de inventario normalizada de cada una de ellas, en la que consten, entre otros datos, el número de identificación así como las transferencias y revisiones de las que han sido objeto.

El Consejo de Seguridad Nuclear llevará un inventario de ámbito estatal de poseedores de este tipo de fuentes y de las fuentes que poseen.

Por lo que respecta al control de las fuentes huérfanas, se contempla la existencia de acuerdos relativos a la vigilancia, control y procedimientos de actuación en las instalaciones, lugares o situaciones donde es más probable que aparezcan o se procesen este tipo de fuentes. En dichos acuerdos se incluirá el compromiso de los titulares de estas instalaciones de facilitar formación e información a sus trabajadores sobre nociones básicas de las radiaciones ionizantes y sus efectos, y las medidas que deben tomarse en caso de detectarse o sospecharse la presencia de una fuente.

Asimismo, en relación con las fuentes huérfanas se prevé la realización de campañas para recupera-

ción de fuentes procedentes de actividades del pasado y se establecen las garantías financieras necesarias para hacer frente a su retirada y a los incidentes que cualquier fuente de este tipo pueda provocar.

### Instrucciones Técnicas Complementarias a la autorización de instalaciones de gammagrafía para la actualización de equipos para gammagrafía móvil

El CSN ha aprobado una instrucción técnica complementaria para su aplicación por los titulares de todas las instalaciones autorizadas de gammagrafía en la que se establece un plazo de dos años para que todos los equipos de gammagrafía móvil cumplan con los requisitos de diseño establecidos en la norma ISO 3999, edición de 1977 o posterior, y se utilicen para su transporte bultos que dispongan de certificado de aprobación cuando así sea requerido por la reglamentación de transporte.

Transcurrido el plazo de dos años indicado, los equipos que no cumplan esos requisitos no podrán seguir

utilizándose de forma móvil, debiendo utilizarse exclusivamente en el interior de recintos blindados.

A partir de la fecha de remisión de la instrucción técnica complementaria solo podrán importarse nuevos equipos de gammagrafía móvil provistos de fuentes de Ir-192 ó Se-75 que cumplan con los requisitos de diseño de la norma ISO 3999 edición de 2000. Para los equipos provistos de fuentes de Co-60 se requiere el cumplimiento de la edición de 1977 de esa norma.

En la instrucción se detallan las actuaciones a realizar con los equipos actualmente autorizados para cumplir con los requisitos indicados.

### **Instrucciones técnicas complementarias a las unidades técnicas de protección radiológica autorizadas**

El CSN ha aprobado instrucciones técnicas complementarias a la autorización de todas las unidades técnicas de protección radiológica autorizadas por el CSN, con el fin de homogeneizar los plazos para la elaboración y presentación de los informes periódicos de actividades. Asimismo, con el fin de homogeneizar el contenido de esos informes, se identifica la información que, como mínimo, debe incluirse en los mismos.

### **Cuarta campaña de intercomparación de servicios de dosimetría personal externa**

El CSN ha aprobado la realización, comenzando a primeros de 2006, de la cuarta campaña de intercomparación entre Servicios de Dosimetría Personal Externa (SDPE) autorizados en España para realizar la vigilancia dosimétrica mensual de los trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes. El Organismo viene realizando estas campañas con una periodicidad de en torno a cinco años.

En estas campañas, los servicios de dosimetría personal externa autorizados proceden a la lectura de unos dosímetros problema cuyas condiciones de irradiación (dosis y energías) desconocen. Estas campañas proporcionan al CSN una base objetiva para valorar el nivel de fiabilidad de cada servicio de dosimetría y para, eventualmente, imponer las acciones correctoras que resulten pertinentes para mejorar dicha fiabilidad.

Como en anteriores campañas, el CSN ha invitado a participar a todos los SDPE autorizados. Para la ejecución de esta campaña el CSN cuenta con la colaboración de laboratorios con capacidad reconocida para la obtención de campos de irradiación nor-

malizados, como son los del Ciemat y el Instituto de Técnicas Energéticas de la Universidad Politécnica de Cataluña.

## **▶ ASESORÍA JURÍDICA**

### **Sentencia del Tribunal Supremo de 31 de enero de 2006**

Dictada en el Recurso de casación número 2590/2003 interpuesto por AMAC (Agrupación de Municipios en Áreas con Centrales Nucleares) contra determinadas resoluciones del Ministerio de Industria, concediendo modificaciones a las autorizaciones de las centrales nucleares para ubicación de instalaciones de almacenamiento intermedio de residuos radiactivos.

El Tribunal Superior de Justicia de Madrid había desestimado los recursos de AMAC contra el Ministerio de Industria, por no exigirse, según AMAC, a cada central nuclear, una nueva autorización adicional a la originaria para la realización de obras de acondicionamiento de instalaciones de almacenamiento de residuos con carácter intermedio, entendiéndose AMAC que por encima de un periodo de 150 días que, según estudios técnicos sería el máximo permitido para el almacenamiento inicial del combustible irradiado, se requeriría una nueva autorización diferenciada para cada instalación.

El Tribunal Superior de Justicia basó su decisión, desfavorable a AMAC, en que el marco legal actual no contempla previsión alguna que exija un límite de plazo (150 días, u otro) como máximo periodo de almacenamiento, y que, conforme al *Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas* aplicable, sólo requeriría una nueva autorización el almacenamiento definitivo, teniendo cabida el almacenamiento inicial e intermedio en la autorización inicial de construcción y funcionamiento de la central nuclear. El Tribunal además, deniega la solicitud de apertura de periodo de prueba formulado por AMAC.

En el recurso de casación, el Tribunal Supremo, sin entrar en el fondo de la cuestión, estima el recurso formulado por AMAC por motivo de quebrantamiento de forma, considerando que la denegación de la fase probatoria ha originado indefensión a los recurrentes, y por tanto, ordena que se retrotraigan las actuaciones de nuevo al Tribunal Superior de Justicia la apertura de la fase de valoración de la prueba. <sup>SN</sup>

# Noticias Breves

- Consejo de Seguridad Nuclear • Congresos, cursos y conferencias • Actividades Internacionales • Exposiciones • Normativa

## ► CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

### El CSN participa en la V Jornada de puertas abiertas sobre emergencias y seguridad pública

El pasado 10 de febrero se celebró en Alicante, en las instalaciones del Consorcio Provincial de Bomberos ubicado en el Centro de Coordinación de Emergencias de San Vicente del Raspeig, la V Jornada de puertas abiertas sobre emergencias y seguridad pública de la Comunidad Valenciana, organizada por la Dirección General de Interior de la Consellería de Justicia, Interior y Administraciones Públicas, de la Generalitat Valenciana. Dicho acto consistió en mostrar los distintos servicios de más de 300 operativos de emergencias y Protección Civil de toda la Comunidad Valenciana y el equipamiento y material que habitualmente emplean.

Como en ocasiones anteriores, el Consejo de Seguridad Nuclear, a través de la Sección de Seguridad Radiológica de la Dirección General de Interior de la Comunidad Valenciana, participó activamente en esta feria instalando un *stand* con distinto material divulgativo, *posters*, folletos y otras publicaciones y diversos artículos de propaganda del Consejo: *pins*, bolígrafos, etc. También se mostró una gama de material que abarcaba desde monitores de radiación y contaminación, hasta prendas de protección radiológica.

Por dicho *stand* desfilaron más de 1.400 escolares de 22 colegios de la provincia de Alicante del primer y segundo ciclo de enseñanza y dos institutos de secundaria. Los alumnos mostraron su curiosidad por los aparatos expuestos y realizaron todo tipo de pregun-



Stand del CSN con diverso material divulgativo.



tas sobre qué es la radiactividad, la energía nuclear y su diferente uso. Al personal docente se le entregó toda una recopilación de material divulgativo del CSN para que sus escolares se familiaricen con estos conceptos y expliquen a los niños la labor de



protección a la población que ejerce el CSN a través de las distintas Administraciones y de las radiaciones nocivas para la salud.

El *stand* también fue visitado por diversas autoridades locales y autonómicas de la Comunidad Valenciana como el Alcalde de Alicante, la Delegada del Gobierno en Alicante y el Conseller de Justicia, Interior y Administraciones Públicas.

## ► CONGRESOS, CURSOS Y CONFERENCIAS

### Presentación del libro sobre las conclusiones del programa COWAM España

La Asociación de Municipios en Áreas con Centrales (AMAC) presentó el pasado 1 de febrero en el Congreso de los Diputados y el 30 de marzo en el Senado, el libro editado con las conclusiones del programa



Vista del Centro de Coordinación de Emergencias de San Vicente del Raspeig.

COWAM España, dedicado a buscar metodologías de participación democrática en decisiones de difícil aceptación social, y en este caso, especialmente centrado en la gestión de los residuos radiactivos y en la búsqueda de un emplazamiento para la construcción de un Almacén Temporal Centralizado (ATC).

En la iniciativa COWAM España, desde diferentes posiciones, han participado la Federación Española de Municipios y Provincias, el CSN, Enresa y la Universidad Autónoma de Barcelona.

El marco de conclusiones se centra en la definición de responsabilidades y competencias, pero también hace especial hincapié en la necesidad de participación en el proceso de toma de decisiones desde el ámbito local hasta el nacional, pasando por el autonómico. Lo más representativo es la propuesta de constitución de una Comisión Nacional encargada de gestionar las candidaturas de los diferentes municipios para albergar la instalación.

▶ ACTIVIDADES INTERNACIONALES

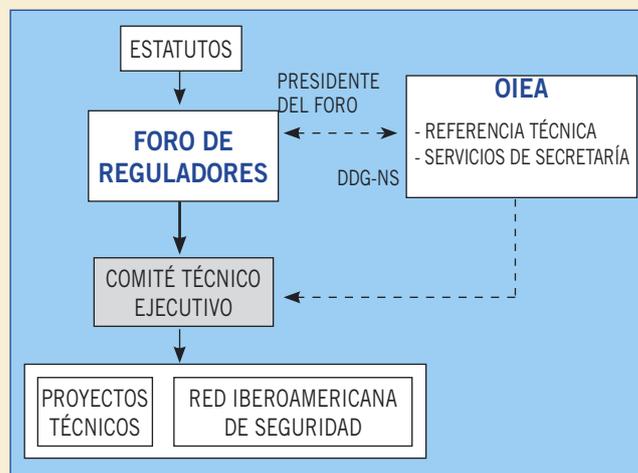
**X Reunión del Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores radiológicos y nucleares**

*23, 24 de enero, 2006. La Habana, Cuba*

El Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares (FORO) ha sido presidido durante el año 2005 por la presidenta de la Comisión Nacional de seguridad nuclear de Cuba, Aniuska Betancourt. Durante su mandato se han sentado las bases para su consolidación institucional, se ha finalizado el prototipo de la RED iberoamericana para la gestión y distribución del conocimiento sobre seguridad radiológica, nuclear y física y se han comenzado a desarrollar actividades en el área de la seguridad radiológica prioritarias para la región. La décima reunión del FORO tuvo lugar en La Habana, Cuba, entre el 23 y 24 de enero de este año, a la que asistió la presidenta del CSN, María-Teresa Estevan Bolea, acompañada de su jefa de Gabinete y el responsable de relaciones internacionales del CSN.

El programa técnico del FORO está inspirado en las necesidades y prioridades regionales y es apoyado técnicamente y dotado de recursos a través del programa extrapresupuestario del OIEA para la mejora de la seguridad radiológica y nuclear en Iberoamérica. Dicho programa se estableció en el año 2003 y está financiado por España. Su objetivo fundamental es la promoción y desarrollo de la RED iberoamericana y diversos trabajos y programas técnicos. Durante el año 2005 el FORO y el OIEA han conseguido consolidar y fortalecer el programa técnico del FORO potenciando las funciones y capacidad de su órgano técnico, su Comité Técnico Ejecutivo (CTE).

La décima reunión del FORO se dedicó fundamentalmente a explorar las vías que permitan su consolidación institucional, analizar su estructura organizativa y operacional y a la revisión de su programa técnico. Al mismo tiempo, la agenda de la reunión permitió el intercambio de experiencias entre los miembros del FORO en las áreas de seguridad nuclear, radiológica y física.



Estructura operativa actual del FORO.

El FORO decidió crear un secretariado que gestione sus asuntos administrativos e impulse sus actividades institucionales, actuando siempre bajo su supervisión y siguiendo en todo momento sus directrices. Este tendrá su sede en Buenos Aires y será financiado por Argentina. A propuesta de Argentina, Diana Clein será la responsable de la Secretaría. Los presidentes estimaron muy conveniente impulsar el proceso de integración de todos los países iberoamericanos con interés en la seguridad radiológica, física y nuclear, por lo que se iniciarán contactos informales con Chile, Uruguay y Perú para su integración.

Los presidentes, después de deliberar sobre el alcance y temas técnicos a abordar durante el año 2006, decidieron aprobar por unanimidad las líneas de trabajo y proyectos presentados por el CTE y ampliar el alcance de las actividades del FORO, y por tanto las del CTE, a las áreas de seguridad nuclear y física. En particular se sugiere al Comité que prepare propuestas para trabajar en extensión de vida, aumento de potencia y en sistemas integrados para la supervisión de centrales nucleares. El FORO confirmó a las

- RED iberoamericana de conocimiento.
- Seguridad de instalaciones radiactivas.
- Protección radiológica del paciente.
- Gestión segura de fuentes radiactivas.
- Educación y capacitación.
- Seguridad Nuclear.
- Seguridad Física.

Contenido del Programa Técnico del FORO.

siguientes personas como miembros del Comité Técnico Ejecutivo para el año 2006: Diana Klein, ARN, Argentina; María Helena Marechal, CNEN, Brasil; Alba Guillen, CNSN, Cuba; Carlos Torres, CSN, España (presidente); Hermenegildo Maldonado, CNSNS, México y Luis Lederman (secretario, OIEA).

España ejercerá la presidencia durante el año 2006. La próxima reunión tendrá lugar en Madrid durante el mes de junio.

### **Asistencia al seminario europeo sobre *Long term rehabilitation of living conditions in contaminated areas* 24-25 de enero 2006**

Los días 24 y 25 de enero el responsable del área de planificación de emergencias de la Subdirección General de Emergencias (SEM), como respuesta a la invitación cursada al efecto por la autoridad nuclear francesa (ASN), participó en el seminario europeo sobre *Long term rehabilitation of living conditions in contaminated areas*, que fue coordinado por Jacques Lochard, del centro de estudios sobre la evaluación de la protección en el terreno nuclear (CEPN) y Gilles Herriard Dubreuil, de la consultora Francesa MUTATIS, resumiéndose a continuación los temas debatidos y las impresiones del mismo.

Al seminario asistieron más de 50 participantes pertenecientes a nueve países europeos (Alemania, Bélgica, Eslovaquia, Finlandia, Francia, Noruega, Reino Unido, Suiza y España), representando colectivos tan diversos como organizaciones no gubernamentales, en teoría poco o nada pro-nucleares; técnicos de distintas organizaciones europeas relacionados con el mundo nuclear; representantes de áreas no energéticas de diversos ministerios europeos y representantes de las autoridades nacionales de los nueve países representados, encargadas del control y supervisión de las centrales nucleares y en general de aquellas actividades en las que están presentes las radiaciones ionizantes.

Medidas estrictas de seguridad en la entrada a la sede del ASN, donde se celebraron las reuniones, garantizaron la ausencia de incidentes desagradables como los protagonizados por el grupo ecologista francés *Sortie du nucléaire* en la reunión del seminario del proyecto SAGE, celebrada también en París en marzo de 2005.

El seminario encuadrado dentro del proyecto EURANOS (plataforma para el diálogo entre los agentes sociales nacionales y locales), trató de avanzar en el desarrollo de un marco de trabajo que permita establecer acuerdos y estrategias de gobierno sobre las medidas de rehabilitación que deberían adoptarse a largo plazo, para restablecer las condiciones de vida de territorios europeos que pudieran verse afectados por la contaminación procedente de un hipotético vertido radiactivo.



Desde que sucedió el accidente de la central nuclear de Chernobil en 1986, se han venido llevando a cabo en las zonas afectadas por su contaminación radiactiva, estudios y proyectos sobre las tareas de seguimiento de la evolución de dicha contaminación y sobre como mejorar la calidad de vida de las gentes que se vieron afectadas por dicho accidente. Con este fin, diversas organizaciones de la Unión Europea vienen estableciendo foros de debate sobre las lecciones aprendidas de las actuaciones llevadas a cabo a raíz de dicho accidente y de los cambios de vida que éste produjo en un extenso territorio de la antigua URSS, de forma que esta particular cultura de la radioprotección consistente en “vivir con la radiación” pueda servir en un futuro a las decisiones que tuvieran que adoptar países y gobiernos que pudieran verse afectados por otra hipotética contaminación radiactiva.

El seminario se encuadró dentro de las charlas que deberían mantener los agentes sociales de los países miembros de la Unión Europea que se vieran afectados por otro hipotético vertido radiactivo.

Cabe citar como recordatorio que:

- Entre 1996 y 2001 se desarrolló el proyecto ETHOS con el objetivo de mejorar las condiciones de vida de las áreas contaminadas.

- Entre 2000 y 2004 se llevó a cabo el proyecto FARMING con el objetivo de desarrollar estrategias practicables de recuperación y gestión de la agricultura y los alimentos después de una contaminación radiactiva.

- Entre 2002 y 2005, el proyecto SAGE desarrolló métodos y estableció herramientas sobre como aplicar y compartir la cultura de la radioprotección, aprendida en los países de Europa del Este a consecuencia del accidente de Chernobil, en los países de Europa Occidental.

- Asimismo, mediante la actividad denominada EURANOS CAT2, se pretende establecer un rediseño total o parcial de la herramienta de ayuda a la toma de decisiones (programa RODOS), desarrollada por el centro de investigación alemán FZK, en base a los resultados de los usuarios de dicha herramienta, *Rodos User Group* (RUG).

- Con objetivos similares se encuadra el proyecto CORE, que establece un nuevo concepto de la rehabilitación basado en los compromisos que puede aceptar la población de las áreas que han podido verse afectadas por una contaminación radiactiva.

Uno de los objetivos del seminario, era presentar el proyecto piloto denominado “actividad EURANOS CAT3”, en el que actualmente trabajan en Francia, que contempla una nueva metodología de trabajo entre expertos, en el que pretenden involucrar a otros países de la Unión Europea y cuyos resultados se mostraron en el presente seminario.

En este proyecto piloto y pertenecientes a Francia, participan representantes de:

- Autoridades públicas: Ministerio de Agricultura, DGSNR.
- Expertos técnicos del IRSN.
- Tres comunidades supramunicipales: Dunkirk, Montbéliard y Rouillacais.
- Organizaciones no gubernamentales: ACRO (asociación para el control de la radioactividad en el oeste de Francia) y EDA (desarrollo alternativo del medioambiente).

Se comentó que la idea de proyecto piloto tiene aspectos positivos tales como:

- Adoptar únicamente medidas centralistas sobre el concepto de la rehabilitación, está casi con seguridad avocado al fracaso.
- Un aspecto clave de la rehabilitación es tratar de conseguir idénticas condiciones de vida antes del accidente.
- Es muy importante el papel que juegan los agentes sociales en las estrategias de la rehabilitación de un territorio contaminado radiactivamente.
- Dicha rehabilitación debe contemplar aspectos humanos, económicos, culturales, políticos, étnicos, etc., que van más allá de los que podían abordarse bajo el concepto de la radioprotección.
- La efectividad de las estrategias de rehabilitación a largo plazo de un territorio debe considerar cambios de gobierno e incluso culturales.

La propuesta de este proyecto EURANOS CAT3, es desarrollar en cada país un proceso cuyos resultados sean extrapolables a otros miembros de la Unión Europea.

Se debería desarrollar una responsabilidad compartida y una gestión de la calidad de vida en un territorio contaminado que comprometiese a agentes sociales regionales y nacionales y éstos a su vez públicos y privados.

Se apuntó que tener en cuenta la experiencia de los técnicos franceses que han trabajado en la gestión del accidente de la central nuclear de Chernobil, sería de gran utilidad.

Asimismo, se comentaron los resultados del proyecto piloto llevado a cabo en Francia durante los últimos 18 meses; merece destacar en este sentido el meritorio trabajo desarrollado por el CEPN, en concreto por Jacques Lochard, promoviendo y liderando multitud de reuniones internacionales en cada uno de los proyectos citados: ETHOS, FARMING, SAGE y CORE.

Mediante este estudio piloto se pretende:

- Identificar la complejidad de la contaminación radiactiva de un territorio.
- Repartir la responsabilidad de las medidas de rehabilitación a nivel local, nacional e internacional.
- Negociar los principios de una acción conjunta de la rehabilitación entre los diversos agentes sociales.

Aun reconociendo que es difícil establecer el diseño de cómo deben establecerse las estrategias de gestión de la contaminación de un territorio debido al desconocimiento de cómo se producirá la situación, a la falta de preparación de los participantes, públicos y privados, se insistió mucho que puede ser de gran utilidad haber establecido ese diálogo entre los distintos agentes sociales que se verían implicados, antes de que el accidente ocurra.

Comentó el subdirector general del ASN, Jean Luc Lachaume, en una breve exposición que hizo sobre el panorama nuclear francés, que dentro del programa de simulacros anuales llevados a cabo en las centrales nucleares francesas, el de la central nuclear de Belleville de 2005, el escenario desarrollado fue una situación de post-accidente, utilizando como herramienta de realización diversos programas del proyecto EURANOS y en la que tuvo una gran participación el Ministerio de Agricultura francés.

Dentro de este mismo proyecto piloto, se han realizado seminarios en Snasa (Noruega, 2004), en Rouillac (Francia, 2005) y Montbéliar (Francia, 2005).



Vista de la central nuclear de Chernobil antes del accidente ocurrido el 26 de abril de 1986.

Los representantes de las diversas ONG tuvieron una activa participación en las sesiones y grupos de trabajo, desarrollando perfectamente su papel de *acteurs* y, si bien su posición oficial y de cara al auditorio es bastante antinuclear, en las conversaciones informales del seminario, evidenciaron que mantienen una buena relación con el mundo nuclear, incluso aquellas ubicadas en municipios relativamente distantes de cualquier central nuclear.

Al margen de que eran los anfitriones, es de resaltar el elevado número de representantes de diversas instituciones oficiales francesas en el seminario.

Se insistió y se debatió por multitud de participantes la cuestión de ¿cómo conseguir que haya confianza entre los diversos agentes sociales?. No parece fácil, en la actual situación española de fuerte

rechazo a la energía nuclear, que los distintos interlocutores o agentes sociales que deberían abordar una situación de emergencia provocada por una hipotética contaminación radiactiva de un territorio, hablasen desde un plano de confianza mutua de las partes. La representante francesa del EDA, expresó que también tenía sus temores sobre la transparencia del sector nuclear francés, aunque insistió que mantienen una buena atmósfera de diálogo en base a proyectos como EURANOS y seminarios como el presente.

Se comentó una frase que resume todo: “La confianza se gana, y es una batalla a muy largo plazo”.

Se cuestionó, ¿quién debe financiar este tipo de proyectos, sobre todo si, como en este caso, no se ven resultados concretos en el corto o medio plazo?, aunque no hubo respuestas concretas a esta pregunta.

Los representantes noruegos hicieron varias presentaciones en el seminario, sobre como les ha afectado en las zonas rurales, en las que pastan libremente los rebaños de renos, la contaminación procedente del accidente de Chernobil, y dieron infinidad de datos sobre lo que económicamente les ha supuesto y sigue representando dicha contaminación. Informaron que actualmente siguen alimentando de manera artificial en los meses de invierno más de 50.000 cabezas de ganado y han tenido que cambiar al otoño las fechas del sacrificio de dichos renos, que tradicionalmente se hacía en invierno, por el ahorro en dosis colectiva que esto supone.

Asimismo comentaron que los periodos de vida media efectiva para los contaminantes Cs-134 y Cs-137 han resultado ser ligeramente más largos de los previstos teóricamente, y que prevén tener que seguir adoptando contramedidas al menos durante otra década.

Esto significa que las medidas en el largo plazo de una contaminación provocada por un accidente en una central nuclear debe preverse que se extenderán al menos dos o tres décadas después de un accidente.

En 2004, y para gestionar los aspectos relacionados con el control de alimentos, crearon un *Norwegian Food Safety Authority*, que es quien en este momento gestiona el control de la contaminación en los productos y las ayudas que perciben los agricultores y ganaderos.

En la sesión de clausura, por parte del CSN se comentó que se plantearían los objetivos de este EURANOS CAT3, y los objetivos planteados en el seminario, para que se propicie, si se estimara conveniente, un proceso de diálogo con objetivos similares a los enunciados para este proyecto piloto EURANOS CAT3 en Francia, entre representantes de diversos agentes sociales tales como: organizaciones oficiales, responsables de la asociación de carácter nacional AMAC, representantes del Ministerio de

Agricultura, Pesca y Alimentación; del Ministerio de Sanidad y Consumo u otras organizaciones que se estime conveniente, y en el que podría también participar el propio CSN.

Gilles Heriard Dubreuil, de la consultora francesa MUTATIS, comentó que sería de interés que dicho proceso de diálogo se iniciase en una comunidad municipal como la de Palomares (Almería), al ser ésta una zona en su día afectada por una ligera contaminación radiactiva a consecuencia del incidente protagonizado por aviones militares de los Estados Unidos.

En las conclusiones del seminario todos los representantes de las autoridades nacionales encargadas del control y supervisión de las actividades en las que están presentes las radiaciones ionizantes, mostraron sus buenos deseos y la utilidad de este tipo de seminarios, aunque no hubo aspectos concretos de cómo iniciar estos debates en los respectivos países representados.

### **Seminario WENRA sobre la armonización de la seguridad nuclear y regulación en Europa Bruselas, 9 febrero 2006**

La asociación WENRA ha desarrollado una metodología para la armonización de la seguridad de los reactores nucleares, su desmantelamiento y la gestión de los residuos radiactivos en los 17 países miembros de la organización. A finales de 2005 se terminó el ejercicio de comparación de la legislación, normativa, guías de seguridad y su implementación en las centrales nucleares con los niveles de seguridad de referencia definidos por WENRA. Los resultados obtenidos en este ejercicio sugieren la necesidad de mejoras en los desarrollos normativos que tiendan a armonizar los niveles de seguridad en Europa. WENRA ha instado a sus miembros a tener listos para noviembre de 2006 los planes de acción nacionales que permitan la armonización para el año 2010.

El objetivo del seminario, organizado por WENRA el 9 de febrero en Bruselas, fue presentar a la comunidad internacional los resultados obtenidos y los planes para la armonización de la seguridad nuclear en Europa, buscando la integración en este proceso de la industria eléctrica y de todas las organizaciones e instituciones con responsabilidad o interés en la seguridad nuclear.

Éste despertó gran interés y la asistencia fue muy numerosa. La delegación española estuvo compuesta por Santiago San Antonio, director general del Foro de la Industria Nuclear Española; Carlos de Villota, director nuclear de Unesa; Diego Molina, director de producción nuclear de Iberdrola, SA; Enrique Bordiú, ex director nuclear de Endesa; Javier Arana, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio; María-Teresa Estevan, presidenta del CSN; Antonio Luis Iglesias, secretario general del CSN;

Ana Villuendas, jefa de Gabinete de la Presidencia del CSN y Carlos Torres, jefe del Área Internacional del CSN.

El trabajo de WENRA fue, en términos generales, bien recibido y entendido por las instituciones, organizaciones e industria nuclear europea, destacándose los siguientes aspectos:

1. La flexibilidad del método WENRA, que permite la adaptación de los diferentes ordenamientos jurídicos existentes a los niveles de seguridad WENRA, evitando imponer un ordenamiento jurídico común y único.

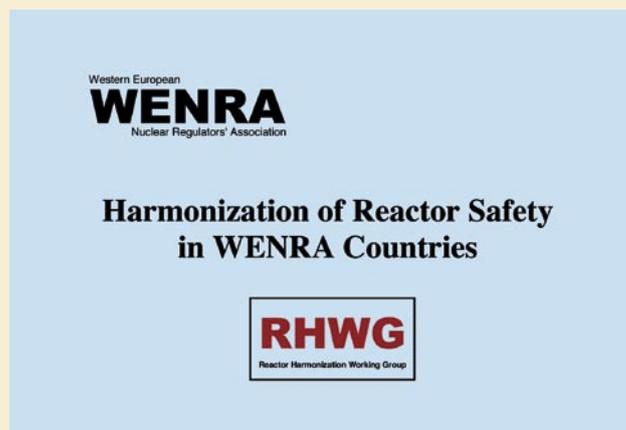
2. La efectividad de los grupos de trabajo WENRA para la realización del ejercicio de intercomparación, uniendo las capacidades y esfuerzos de las instituciones nucleares con autoridad en la seguridad nuclear en Europa.

3. Los ordenamientos jurídicos nacionales satisfacen aproximadamente el 50% de los requisitos WENRA, sin embargo el grado de implementación de los mismos por la industria eléctrica europea alcanza aproximadamente el 90%. Esto es una tendencia comprobada en casi todos los países europeos, excepto en los de nueva incorporación, donde los ordenamientos jurídicos, basados en las recomendaciones OIEA, alcanzan un grado elevado de cumplimiento y su industria nuclear está por detrás de la media europea.

4. La industria nuclear europea, a través de su grupo de trabajo sobre normativa de seguridad de las instalaciones nucleares europeas (ENISS), ha puesto en marcha una iniciativa para dar respuesta a WENRA en lo que se refiere al proceso de armonización iniciado. Cabe destacar los siguientes comentarios:

- El conjunto de niveles de referencia no es completo, faltando aspectos importantes para la seguridad.
- El sistema elegido para su definición podría ser demasiado conservador, sin una justificación clara desde el punto de vista de la seguridad.
- Los plazos establecidos para comentarios y revisión por parte de los *stakeholders* deberían extenderse.
- El texto del documento necesita una mayor elaboración, incluyendo referencias, aclaraciones y explicaciones técnicas, en concreto se mencionó la necesidad de desarrollar un glosario.

5. Tomihiro Taniguchi, director general del OIEA para seguridad nuclear, manifestó en su presentación la satisfacción del OIEA por los desarrollos de WENRA, ya que convierten a las recomendaciones del OIEA en el referente de la seguridad nuclear en Europa y se ofreció a colaborar en los desarrollos que permitan avanzar en el grado de cumplimiento por los organismos reguladores europeos de las referencias WENRA.



6. Christian Waterloos, Comisión Unión Europea, aceptó el trabajo de WENRA, pero matizó que la vía hacia la armonización pasa por el establecimiento de directivas comunitarias.

7. La asociación de municipios europeos, además de presentar sus objetivos y actividades, valoró satisfactoriamente el trabajo WENRA ya que permite caminar hacia la “máxima” seguridad nuclear, término éste que le fue cuestionado por los asistentes.

### Reunión de la Asociación Internacional de Reguladores Nucleares, INRA

*París 21-24 de febrero 2006*

La asociación INRA se reunió en París del 21 al 24 de febrero para analizar y discutir al más alto nivel institucional temas técnicos de interés común. Por parte del CSN asistió su presidenta, María-Teresa Estevan Bolea, acompañada de la jefa de su Gabinete y del responsable de relaciones internacionales. Con ocasión de esta reunión, las diferentes delegaciones visitaron las instalaciones de almacenamiento de residuos radiactivos de baja y muy baja actividad situado en Aube, Francia.

Los presidentes de los organismos reguladores presentaron los asuntos más relevantes acaecidos desde septiembre de 2005. La presidenta del CSN en su turno explicó la situación de nuestras plantas nucleares, los desarrollos normativos que actualmente se realizan en España, la misión IRRS del OIEA, los proyectos de desmantelamiento, las posibles implicaciones que podría tener para la seguridad nuclear la fusión entre Endesa y Gas Natural y presentó la composición y objetivos de la mesa para el diálogo sobre la energía nuclear.

Posteriormente se discutió de manera general sobre los procesos de armonización de la seguridad nuclear puestos en marcha por WENRA, la gestión de los residuos radiactivos, en especial los conceptos de exención y *clearance*, y André-Claude Lacoste, director de la autoridad nuclear francesa, explicó las actividades que actualmente desarrolla el Comité de normas del OIEA. De especial interés fue la presenta-

ción realizada por Michel Bourguignon, director general de seguridad nuclear y radioprotección en Francia, sobre las nuevas recomendaciones de la ICRP. Este tema despertó gran interés por el posible impacto que tendrá en los sistemas reguladores. La opinión generalizada es que estos cambios tan frecuentes no son positivos y pueden generar confusión. Además se observaron dificultades para aceptar que todos ellos estén basados en avances científicos. Los presidentes decidieron interactuar con la ICRP con el objeto de comenzar un diálogo que acerque las distintas posturas, hasta ahora distantes.

INRA decidió invitar a la República de Corea del Sur a integrarse en la asociación y por tanto a participar en la próxima reunión. Al mismo tiempo se acordó iniciar contactos informales con India y China con objeto de estudiar su posible incorporación a INRA.

La reunión estuvo muy bien organizada por la presidencia francesa, permitiendo y favoreciendo discusiones abiertas en un tono relajado y flexible. La próxima reunión de INRA será organizada por Francia y se celebrará en Avignon. En la discusión sobre la futura presidencia de INRA en 2007, España se ofreció como candidata a la misma, asunto que se pospuso para ser discutido y aprobado en la próxima reunión. Al mismo tiempo, los Estados Unidos de América se ofrecieron para presidir INRA durante el año 2008. Finalmente, Shojiro Matsuura, de Japón, se despidió pues deja estas ocupaciones.

### Viaje del vicepresidente del CSN, José Ángel Azuara, a Moscú

27 de febrero – 3 de marzo de 2006

#### Conferencia Internacional del OIEA sobre Sistemas Efectivos para la Regulación Nuclear

Periódicamente, el OIEA organiza conferencias internacionales sobre temas relacionados con la seguridad nuclear y la protección radiológica para conocer los retos que se están afrontando en cada país, y poder definir el programa de trabajo futuro.

Del 27 de febrero al 8 de marzo de 2006 tuvo lugar una conferencia sobre sistemas efectivos para la regulación nuclear en Moscú, cuyo principal objetivo era analizar cómo se deben afrontar los nuevos retos de seguridad y seguridad física en instalaciones nucleares y radiactivas.

Participaron más de 200 delegados de 60 países, siguiendo con la política del OIEA de fomentar la asistencia del mayor número de Estados Miembros, entre los que cabe destacar los máximos responsables de los organismos reguladores de Alemania, Argentina, Bélgica, Brasil, Canadá, China, República Checa, Corea, Eslovaquia, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Gran Bretaña, Holanda, Japón, Rusia y Ucrania. Asimismo, acudieron el director general de la OCDE/

NEA y el subdirector del departamento de seguridad nuclear del OIEA.

La delegación del CSN estuvo encabezada por su vicepresidente, José Ángel Azuara, que realizó una presentación sobre la protección radiológica en el campo de la medicina (*balancing risks and benefits in medical applications and how to regulate*). En ella, se planteaba la problemática del aumento de las dosis que se están dando a los pacientes, a pesar de las mejoras tecnológicas y describía los proyectos que el OIEA está coordinando para afrontar este reto.

La presentación fue muy bien acogida y abrió uno de los debates más vivos de toda la conferencia, ya que se trata de un problema común a todos los países que se encuentran con la dificultad de determinar las dosis óptimas a los pacientes, compatibles con los beneficios diagnósticos y terapéuticos.

#### Reunión bilateral con Rostechndzor, organismo regulador ruso

Aprovechando el viaje a Moscú, se mantuvo una reunión con el vicepresidente primero del organismo regulador ruso (*Rostechndzor*), Andrej Malyshev.

Desde la última reunión bilateral en Moscú, en mayo de 2005, donde se definieron los temas genéricos donde se podría colaborar, el CSN había transmitido al *Rostechndzor* unas fichas que recogían las actividades que se están llevando a cabo en España. Se incluyó también una primera valoración sobre las áreas de interés para definir proyectos de colaboración.

Andrej Malyshev agradeció a José Ángel Azuara por el trabajo del CSN para redactar estas fichas. Se mostró muy interesado en lanzar cuanto antes la cooperación entre ambos países, e hizo entrega de un primer borrador con propuestas para reuniones y ejercicios conjuntos.

Tras un intercambio de pareceres, se acordó adoptar el programa siguiente:

- Mayo-junio 2006, reunión de lanzamiento en Rusia.
- Septiembre 2006, participación en un ejercicio de emergencia en Rusia.
- Diciembre 2006 – enero 2007, seminario sobre residuos en España.

#### Regulatory Information Conference (RIC)

Durante los pasados días 7, 8 y 9 de marzo se celebró, como viene siendo habitual cada año, la *Regulatory Information Conference* que organiza la *Nuclear Regulatory Commission* estadounidense. Una delegación del CSN encabezada por su presidenta, María-Teresa Estevan, se desplazó a Bethesda, Maryland, lugar del evento.

Durante esta edición se produjo una combinación a partes iguales por primera vez en la organización de la Conferencia, entre las oficinas de *Nuclear Regulatory Research* (RES) y *Nuclear Reactor Regulation* (NRR), algo que ya se había ensayado en la pasada

edición, pero con una participación mucho menor de la parte de investigación.

Intervinieron en días sucesivos los cuatro *Commissioners* y el presidente, Nils Díaz, en sesión plenaria y, posteriormente, se produjeron las diferentes sesiones paralelas en las que se trataron temas que ya vienen siendo habituales, como los relativos a residuos, licenciamiento, ROP en los últimos años o perspectivas internacionales.

Como dato curioso, en otro de los temas habituales dentro del RIC, como es la preparación ante emergencias, se realizó una comparativa con actuaciones ajenas a las centrales nucleares, como fueron las llevadas a cabo por las autoridades frente a los huracanes Rita y Katrina.

El programa terminó en la mañana del día 9, con la exposición de la situación y tendencias de las cuatro regiones en las que divide su actividad geográfica el regulador americano.

---

## ► EXPOSICIONES

---

### Portugal y España.

#### Veinte años de integración en Europa

El Parlamento Europeo albergó, el día 23 de marzo, la exposición "Portugal y España, 20 años de integración en Europa". La exhibición es una colección de recuerdos gráficos de los 20 años transcurridos desde que España entró en la Unión Europea". Las fotos expuestas incitan al recuerdo y permiten en una mirada comprender los cambios que ha supuesto para España y para los españoles su entrada en la Unión Europea. Fotos que reflejan "la profunda transformación" de España y Portugal.

La muestra, organizada conjuntamente por las oficinas del Parlamento Europeo en España y Portugal y las representaciones de la Comisión Europea en Madrid y Lisboa, con la colaboración de las asociaciones de periodistas europeos, las agencias EFE y Lusa y los Ministerios de Asuntos Exteriores de ambos países, estará expuesta en el Parlamento Europeo, en Bruselas, hasta el 9 de mayo.

La exposición, situada en la entrada principal del Parlamento desde la estación de Luxemburgo, está integrada por 160 fotografías, la Torre de la Memoria y de la Documentación, las portadas de periódicos españoles y portugueses del día de la firma, la reproducción en facsímil de los tratados de adhesión de España y Portugal, una selección de viñetas publicadas en los medios a lo largo de estos años, carteles de los principales acontecimientos europeos organizados en ambos países, un espacio audiovisual que mostrará imágenes de dos décadas, y una colección de monedas de euro de todos los países de la Unión Europea, incluyendo las conmemorativas de los 20 años, acuñadas en España y Portugal.



El presidente del Parlamento Europeo, José Borrell acompañado por José Luis Rodríguez Zapatero y José Sócrates durante la inauguración de la exposición. © Parlamento Europeo.

Además de la exposición, las instituciones europeas han editado un catálogo de 350 páginas con prólogos de Josep Borrell (presidente del Parlamento Europeo), José Manuel Barroso (presidente de la Comisión Europea), José Luis Rodríguez Zapatero (presidente del Gobierno español) y José Sócrates (primer ministro portugués). El catálogo, en español, portugués e inglés, recoge los contenidos de la exposición.

A la inauguración de la exposición, a la que acudieron las representaciones y embajadas españolas y portuguesas, los funcionarios de ambos países y los medios de comunicación, asistieron también 20 jóvenes nacidos en España el 1 de enero de 1986, que representan a las diferentes comunidades autónomas. Entre los periodistas, estuvieron presentes varios españoles y portugueses pertenecientes a las Asociaciones de Periodistas Europeos (APE).

---

## ► NORMATIVA

---

### Normativa del agua potable en lo relativo a radiactividad. Análisis de la situación actual y propuesta de actuación

En 1998 se publicó la *Directiva 98/83/CE* del Consejo de la Unión Europea, de 3 de noviembre, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano, estableciendo para la radiactividad unos valores de 100 Bq/l para el tritio y 0,10 mSv/año para la Dosis Indicativa Total (DIT). El anexo II de la Directiva define los controles a realizar y establece los parámetros que deben analizarse y la frecuencia mínima de muestreo y análisis; este anexo, que no incluye los parámetros para el control de la radiactividad, quedó pendiente de revisión para incorporar los mismos. Recientemente, la Comisión de la Unión Europea ha decidido elaborar otra Directiva independiente para el control de la radiactividad en el agua de bebida, que recogerá todos los aspectos que no incluye el mencionado anexo II de la Directiva actual.

El *Real Decreto 140/2003*, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, incorpora al derecho interno español la *Directiva 98/83/CE*. Este Real Decreto deroga el *Real Decreto 1138/1990*, de 14 septiembre, por el que se aprobaba la reglamentación técnico-sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo humano.

La *Directiva 98/83/CE* establece, para el control del agua de bebida, unos límites de determinadas variables que sirven para calificar el agua como apta o no apta para el consumo, y unos parámetros indicadores, cuya superación requiere una evaluación por la Autoridad competente para determinar si representa



El CSN ha propuesto al Ministerio de Sanidad y Consumo una modificación en la reglamentación vigente sobre la potabilidad del agua bajo el punto de vista radiológico.

un riesgo para la salud y, por tanto, si efectivamente se puede consumir. La radiactividad está incluida entre los mencionados parámetros indicadores. El tritio se incluye porque, aunque es un isótopo de muy baja radiotoxicidad, su presencia puede indicar la existencia de otros radionucleidos de origen artificial, que en su caso habría que investigar.

Sin embargo, en algunos apartados del *Real Decreto 140/2003* los parámetros radiológicos se consideran como límites, y no como parámetros indicadores y, además del tritio y la DIT, se incluyen la actividad  $\alpha$  total, con un valor de 0,1 Bq/l, y la actividad  $\beta$  total, con un valor de 1 Bq/l, manteniendo lo que ya recogía la reglamentación española anterior.

La Organización Mundial de la Salud, en su guía para la calidad del agua de bebida, considera la medida de la actividad de  $\alpha$  total y  $\beta$  total como una primera fase de control; de forma que si los resultados obtenidos son inferiores a los valores establecidos no es necesario realizar más análisis ya que no se superaría el valor de la dosis; sólo si se exceden los valores establecidos en estos parámetros será preciso determinar los radionucleidos presentes y estimar la DIT. En la versión de 2004 de esta guía se establece un valor para la actividad  $\alpha$  total de 0,5 Bq/l.

Teniendo en cuenta todos estos aspectos, el Ministerio de Sanidad y Consumo, con la colaboración del CSN, elaboró un Protocolo de actuación, a fin de facilitar la aplicación práctica del *Real Decreto 140/2003* de modo más acorde con la propia Directiva, en tanto no se apruebe la nueva Directiva sobre la radiactividad en el agua de bebida y ésta se trasponga a la legislación española.

En dicho protocolo se indica, en coherencia con el anexo II de la Directiva y con la guía de la OMS, que para el control de la DIT se puede utilizar la medida de la concentración de actividad  $\alpha$  total y de actividad  $\beta$  total, y si se supera el valor de 0,1 Bq/l de  $\alpha$  total o de 1 Bq/l de  $\beta$  total, se debe realizar un análisis de radionucleidos específicos, y calcular la DIT a partir de los valores obtenidos. Si el valor de la dosis es inferior a 0,1 mSv/año, no se requiere realizar investigaciones radiológicas adicionales.

Ante la preocupación social, que podría ser injustificada, manifestada tanto en los medios de comunicación como en diversas consultas realizadas al CSN, por la potabilidad del agua bajo el punto de vista radiológico, y la previsible demora en la aprobación de la nueva Directiva sobre el control de la radiactividad en el agua de bebida, y por lo tanto, en su transposición a la reglamentación española, el CSN ha propuesto al Ministerio de Sanidad y Consumo abordar una modificación de la reglamentación vigente, sin esperar a la aprobación de dicha Directiva. La modificación que se propone se refiere únicamente a la equiparación estricta de nuestro Real Decreto a la *Directiva 98/83/CE*, y al establecimiento de su coherencia con el Protocolo elaborado, y en ningún caso supone un aumento de los valores actuales, ni por lo tanto una merma de la protección. 

(Page 2)

## Safety Harmonization of Nuclear Reactors in Europe

 M<sup>a</sup>-T. Estevan

Dialogue and common tasks over the past few years have intensified among high level figures responsible for regulation organizations involved in nuclear installations from European countries as well as others. The best indicator of this is the harmonization of safety levels for European nuclear reactors. The CSN increasingly participates more intensely in three relevant international associations on these matters: INRA, FORO IBEROAMERICANO and WENRA. A detail study has been carried out by a WENRA workgroup whose results represent a large contribution made toward harmonization at reference levels on reactor safety issues, both from a legal viewpoint, and for their implantation in nuclear power plants. The President of the CSN explains in detail the most relevant aspects of this Final Report from WENRA.

(Page 11)

## Defining the Strategy of Nuclear Activity

 R. Racana

This article presents nuclear activity as defined within the field of the nuclear industry, which is studied from

# Resúmenes Summaries

its capacity to generate electric power, to its application in industry and medicine as well as a source for weapons of mass destruction.

These fields of analysis introduce some problems that the nuclear activity itself must know how to confront employing action strategies aimed at becoming an activity to be kept in mind when making use of the benefits that its peaceful use contributes to human life.

(Page 23)

## Radioisotope Applications and the Evolution of the Techniques

 C. Rueda

A time of commemoration like the present is ideal for making an analysis of radioisotope applications and the evolution which the techniques employed in their use have undergone over the last 25 years. This article analyses the different practices using radioisotopes highlighting those which are no longer used, those that have been progressively abandoned and those which have been emerging during these past few

years. The article also indicates whenever possible the reason for the change and their associated advantages.

(Page 36)

## Automatic Network Station (REA)

The Surveillance Radiological Network, (REVIRA), set up by the CSN, which allows radiological quality to be known throughout the entire Spanish territory is formed under the Sampling Network Stations (REM) and the Automatic Network Stations (REA) on which this article focuses. The Surveillance Radiological Network allows a continuous surveillance of the gamma radiation rate and the radio active concentration in the air (radioiodes, radon and alfa and beta emitters) comprising a resource for alert in the case of a radiological incident.

(Page 42)

## The United States Nuclear Regulatory Commision, USNRC)

We are beginning a new section with this issue dedicated to national organisations in the world responsible for regulating the correct use of nuclear energy.

Out of the circumstances that brought about their creation and through the study of their historical evolution, we are going to know how they work, who directs them and why they are necessary.

## 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.

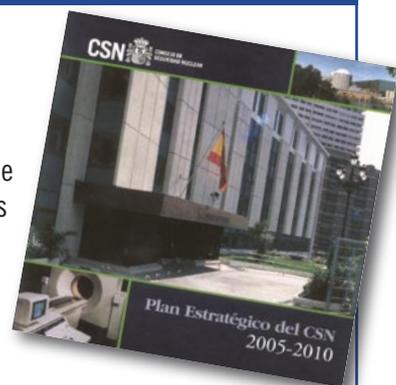
La información facilitada por usted formará parte de un fichero informático con el objeto de constituir automáticamente el *Fichero de destinatarios de publicaciones institucionales del Consejo de Seguridad Nuclear*. Usted tiene derecho a acceder a sus datos personales, así como a su rectificación, corrección y/o cancelación. La cesión de datos, en su caso, se ajustará a los supuestos previstos en las disposiciones legales y reglamentarias en vigor.

## NUEVAS PUBLICACIONES DEL CSN

### Plan estratégico del CSN 2005-2010

(Español e Inglés)

Con objeto de cumplir con rigor las obligaciones, cada día más amplias, que la ley le atribuye y responder con eficacia a las legítimas expectativas de la sociedad y otros grupos concernidos por sus actuaciones, el Consejo ha elaborado este Plan Estratégico en el que, teniendo en cuenta las condiciones actuales del entorno y las previsibles condiciones futuras, fija los resultados que espera obtener, las estrategias y los objetivos para el horizonte temporal de los próximos cinco años.



### Guía del Profesor. El CSN ante las Emergencias Nucleares

Por segundo año consecutivo y dentro del marco que ofrece el Convenio de Colaboración firmado con el Ministerio de Educación y Cultura, el Consejo de Seguridad Nuclear publica una Guía del Profesor, dedicada esta vez a las emergencias nucleares.

Con esta guía, los profesores podrán conocer y transmitir al alumnado información sobre las medidas que están previstas para proteger y socorrer a la población en caso de emergencia nuclear y sobre cual debe ser el comportamiento adecuado que debe observar la población en este tipo de situaciones.



### Organización de Respuesta y Plan de Actuación ante Emergencias del Consejo de Seguridad Nuclear

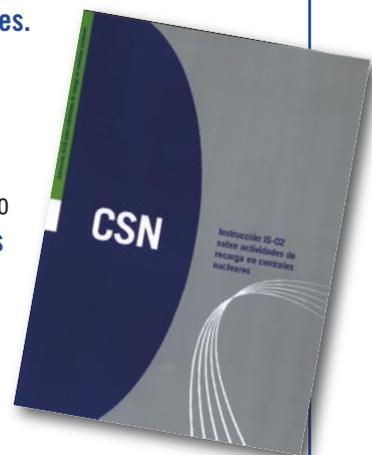
Este documento describe la Organización de Respuesta ante Emergencias del CSN (ORE) y su Plan de Actuación ante Emergencias nucleares y radiológicas (PAE), incluyendo una descripción esquemática de la actuación de los integrantes de la misma, sus interacciones y unas directrices generales sobre su formación y entrenamiento.



Durante este trimestre, se ha editado también la Revisión 1 de la **Guía de Seguridad 5.10- Documentación técnica para solicitar la autorización de funcionamiento de las instalaciones de rayos X con fines industriales.**



Además, dentro de la Carpeta de Legislación nº 3, se ha actualizado la **Instrucción IS-02 sobre actividades de recarga en centrales nucleares** y se han incorporado nuevas Instrucciones Técnicas: **IS-06 sobre programa para la formación de trabajadores externos, IS-07 sobre campos de aplicación de licencias de personal y IS-08 sobre criterios aplicados por el CSN en protección radiológica.**



Si está interesado en adquirir alguna de las publicaciones del CSN puede hacerlo enviando un correo electrónico a [peticiones@csn.es](mailto:peticiones@csn.es) o a través de nuestra página web [www.csn.es](http://www.csn.es) en la que encontrará nuestro catálogo de publicaciones.