

# RADIOPROTECCIÓN

LA REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Nº 85 • ABRIL 2016

edición digital



## MONOGRÁFICO TRANSPORTE



- ▶ TRANSPORTE DE MATERIAL FISIONABLE
- ▶ GESTIÓN INTEGRAL DE LOS TRANSPORTES RADIATIVOS
- ▶ FORMACIÓN DE LAS PERSONAS QUE INTERVIENEN EN LOS TRANSPORTES DE MATERIAL RADIATIVO POR CARRETERA
- ▶ ASPECTOS NORMATIVOS DE LA FABRICACIÓN DE EMBALAJES PARA EL TRANSPORTE DE MATERIAL RADIATIVO
- ▶ RESPONSABILIDADES EN CASO DE ACCIDENTE EN EL TRANSPORTE DE MATERIAL RADIATIVO

*“La libertad, Sancho, es uno de los más preciosos dones que a los hombres dieron los cielos; con ella no pueden igualarse los tesoros que encierra la tierra ni el mar encubre; por la libertad así como por la honra se puede y debe aventurar la vida...”*

*Miguel de Cervantes*

ENTREVISTA:

**Carlos Enríquez Marchal**

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE LOGÍSTICA DE ENRESA

## NOVEDADES EN LA WEB

Como venimos informando, poco a poco el grupo responsable de la página web de la SEPR avanza en la definición de lo que habrán de ser su estructura y novedades en el futuro. La página web de la SEPR tiene cerca de diez años en su formato actual, y aunque no ha quedado obsoleta, sí que requiere una puesta al día, más allá del lavado de cara que la haga más atractiva, en cuanto a su estructura interna, forma de utilización por los miembros del Comité de Redacción, seguridad, capacidad, conexión a redes sociales, zona destacada para los socios colaboradores, incorporación de buscador de contenidos, etc.

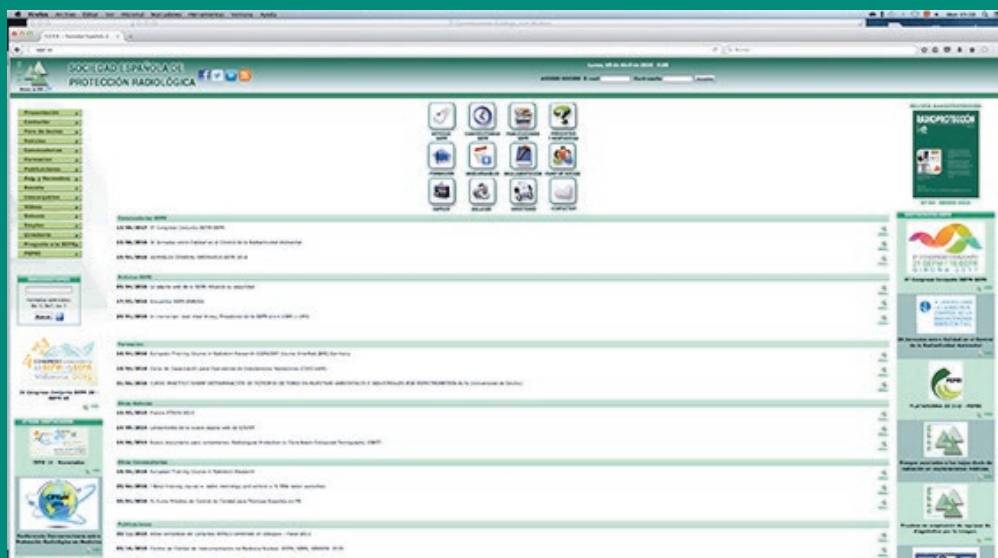
Esperamos poder tener su nuevo desarrollo puesto a punto para informar de las novedades en nuestro próximo número. De momento, es importante la siguiente noticia:

### LA PÁGINA WEB DE LA SEPR REFUERZA SU SEGURIDAD

Con fecha 5 de abril, en el sitio web de la SEPR ha quedado instalado el certificado de conexión segura que otorga la empresa Thawte Inc. Ello activa un encriptado de la comunicación y garantiza la autenticidad del sitio. Recomendamos a los socios que accedan siempre a la web desde la dirección segura:

**<https://sepr.es>**

No obstante, el acceso desde la dirección habitual sigue funcionando de forma transitoria, pero sin el refuerzo de seguridad que la conexión certificada supone



### ESTADÍSTICAS DE VISITAS A LA PÁGINA WEB

Recientemente se ha cambiado el sistema de registro de visitas a la web de la SEPR por el que proporciona Google Analytics. En el último mes han visitado la web 2.190 usuarios que han realizado 3.140 visitas a un total de 11.205 páginas. Los visitantes son en un 86,3% de España, seguidos por los de países hispanohablantes, con cifras de algunas decenas por país. Como dato significativo ligado a las actuales tecnologías de la información, un 17% de las sesiones se iniciaron desde teléfono inteligente y un 4% desde tabletas.

# RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

**Directora**  
Cristina Correa

**Coordinador**  
Juan Carlos Mora

## Comité de Redacción

Pablo Belinchón  
Estela García  
Rosa Gilarranz  
Santiago Miquelez  
Alegría Montoro  
Juan Francisco Navarro  
Matilde Pelegrí  
José Ribera  
Beatriz Robles  
Pedro Ruiz  
Inmaculada Sierra  
María Luisa Tormo  
M<sup>º</sup> Angeles Trillo

## Coordinación de la página web

Eduardo Gallego  
Carlos Puras

## Comité Científico

**Presidenta:** Beatriz Robles  
José Miguel Fernández  
Xavier Ortega  
Teresa Ortiz  
Eduardo Sollet  
Alejandro Úbeda

## Coordinación de la sección "Pregunta a la SEPR"

Leopoldo Arranz  
María Luisa Tormo

## Realización, Publicidad y Edición:

SENDA EDITORIAL, S.A.

Directora: Matilde Pelegrí

Capitán Haya, 56. 7º D - 28020 Madrid

Tel.: 91 373 47 50 - Fax: 91 316 91 77

Correo electrónico: redaccionpr@gruposenda.es

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

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



**EDICIÓN Abril 2016**

Revista digital disponible en: <http://www.sepr.es>

Disponible sólo para socios los números del año actual, los números anteriores disponibles para el público en general.

Síguenos en:



RADIOPROTECCIÓN se publica con una frecuencia trimestral.

Indexada: Latindex

## S U M A R I O

- **Editorial** 5
- **Entrevista** 6  
Carlos ENRÍQUEZ MARCHAL  
*Jefe del Departamento de Logística de Enresa*
- **Colaboraciones** 10
  - Transporte de material fisionable  
*P. Pérez Millán y P. Requejo Martín* 10
  - Gestión integral de los transportes radiactivos  
*M. J. Rodríguez y M. Morán* 15
  - Formación de las personas que intervienen en los transportes de material radiactivo por carretera  
*V. Aceña y F. Zamora* 20
  - Aspectos normativos de la fabricación de embalajes para el transporte de material radiactivo  
*M. García Leiva y F. Zamora Martín* 25
- **Nota Técnica** 30
  - Responsabilidades en caso de accidente en el transporte de material radiactivo  
*T. Ortiz Ramis* 30
- **IRPA** 34
- **Noticias** 35
  - de la SEPR
  - de España
  - del Mundo
- **Proyectos I+D** 47
- **Publicaciones** 50
- **Convocatorias y Cursos** 51

La SEPR permite la reproducción en otros medios de los resúmenes de los artículos publicados en RADIOPROTECCIÓN, siempre que se cite al principio del texto del resumen reproducido su procedencia y se adjunte un enlace a la portada del sitio web [www.sepr.es](http://www.sepr.es), así como también el nombre del autor y la fecha de publicación. Queda prohibida cualquier reproducción o copia, distribución o publicación, de cualquier clase del contenido de la información publicada en la revista sin autorización previa y por escrito de la SEPR. La reproducción, copia, distribución, transformación, puesta a disposición del público, y cualquier otra actividad que se pueda realizar con la información contenida en la revista, así como con su diseño y la selección y forma de presentación de los materiales incluidos en la misma cualquiera que fuera su finalidad y el medio utilizado para ello, sin la autorización expresa de la SEPR o de su legítimo autor, quedan prohibidos.





# IRPA 14

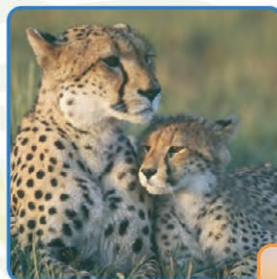
*50 years*

9 - 13 May 2016

PRACTISING RADIATION PROTECTION  
sharing the experience | new challenges

[www.irpa2016capetown.org.za](http://www.irpa2016capetown.org.za)

14th International Congress of the  
International Radiation Protection Association



Más  
Información

**EXHIBITION PROSPECTUS**

Cape Town International Convention Centre, South Africa

# Editorial

La Revista de la Sociedad Española de Protección Radiológica incluye artículos (en español) científicos originales, de revisión y monográficos, entrevistas, secciones de información y noticias relacionadas con el campo de la Protección Radiológica a nivel nacional e internacional, incluyendo radiaciones ionizantes así como no ionizantes. Contempla aquellos campos relacionados con la investigación, con el desarrollo de nuevas estrategias y tecnologías diseñadas para la protección radiológica en el campo médico, medioambiental e industrial. Las líneas de investigación incluidas son: dosimetría física, radioecología, radiactividad ambiental, efectos biológicos de la radiación ionizante *in vitro* e *in vivo*, protección del paciente y trabajador expuesto.

Cuando allá por el lejano 1982, recién acabada mi carrera y con poca experiencia profesional, leí en un anuncio que se solicitaba un técnico para trabajar en el transporte de materias radiactivas, no pude imaginar que ese sector sería el que acapararía finalmente más de 30 años de mi vida profesional. El principal motivo que me llevó a solicitar el puesto fue algo bastante sencillo: era una actividad poco conocida, y me apetecía saber más sobre ella. Ahora, ya en 2016 y con la larga experiencia que acumulo, sigo pensando que el transporte de material radiactivo y nuclear, a pesar de su necesidad en todos los campos (médico, investigación, industrial), es bastante desconocido por los profesionales implicados en la utilización y en la protección radiológica de las prácticas con material radiactivo. Es un sector pequeño, pero que lleva sobre sus espaldas, por ejemplo, la logística de una de las principales fuentes de producción de energía eléctrica en este país, así como de una parte importante de los tratamientos y técnicas de diagnóstico en el ámbito sanitario. Es uno de los sectores del transporte que aporta un índice de siniestralidad en carretera más bajo; no se conoce en España ningún accidente con este tipo de materiales

que haya producido daño radiológico ni a las personas ni al medioambiente; está regulado y controlado, además de por los Ministerio de Industria y Fomento, y por los diferentes cuerpos de seguridad del estado como la Guardia Civil o las policías locales, por un organismo que dedica un área específica a este tipo de transporte, el Consejo de Seguridad Nuclear; la formación de todo el personal que se ve implicado debe cumplir con requisitos específicos que otros no tienen, y la fabricación de los embalajes que se utilizan dispone de controles de producción regulados de manera particular

En este monográfico hemos querido reflejar con cuatro artículos y una nota técnica precisamente los aspectos fundamentales de este tipo de transporte. Por un lado, dos trabajos en los que se actualiza la normativa de reciente edición relativa la formación específica del personal involucrado en el transporte de material radiactivo por carretera y la normativa relativa a la fabricación de embalajes. La formación de las personas implicadas en el transporte en los requisitos, riesgos de las radiaciones ionizantes y las medidas de protección es un aspecto fundamental para la

seguridad de esta actividad. Igualmente, es importante avalar que la fabricación del embalaje se ha realizado de acuerdo con los requisitos de diseño establecidos. Los otros dos artículos presentan los requisitos del transporte de material fisionable y el análisis de gestión integral del transporte con el objeto de que se consideren todos los aspectos que influyen en la seguridad de los movimientos de los materiales radiactivos. Por último, en la nota técnica se tratan las responsabilidades asignadas a los diferentes agentes implicados en el mismo (expedidor, transportista y receptor) en caso de accidente durante el transporte..

Con este número especial de **RADIOPROTECCIÓN**, esperamos que los profesionales de la protección radiológica tengan un mayor conocimiento del transporte de material radiactivo, sus cifras, características, regulación y las medidas que garantizan que esta actividad se realiza de manera segura, evitando riesgos a las personas y al medioambiente.

CARLOS ENRIQUEZ MARCHAL  
Jefe del Departamento de Logística de  
Enresa y coordinador del monográfico



## Secretaría Técnica

C/ Capitán Haya, 56 - 7º D  
28020 Madrid  
Tel.: 91 373 47 50  
Fax: 91 316 91 77  
Correo electrónico: secretaria@sepr.es

## Junta Directiva

Presidenta: **Mercè Ginjaume**  
Vicepresidente: **Borja Bravo**  
Secretaria General: **Sofía Luque**  
Tesorera: **Elena Alcaide**  
Vocales: **Amparo García, Antonio Gil, Carlos Prieto, Ana María Romero, Francisco Javier Rosales y Waldo Sanjuanbenito**

## Comisión de Actividades Científicas

Presidente: **Borja Bravo**  
Secretaria: **Sofía Luque**  
Vocales: **Julio Almansa, Pío Carmena, Cristina Correa, Carlos Enriquez, Eduardo Gallego, Antonio Gil, Margarita Herranz, Alegría Montoro, Juan Carlos Mora, Teresa Navarro, Carmen Rueda, Pedro Ruiz, Alejandro Úbeda y Esteban Velasco**

## Comisión de Publicaciones

Presidenta: **Sofía Luque**  
Secretaria: **Cristina Correa**  
Vocales: **Eduardo Gallego, Carlos Puras, Beatriz Robles y Pedro Ruiz**

## Comisión de Asuntos Económicos

Presidenta: **Elena Alcaide**  
Secretario: **Borja Bravo**  
Vocales: **Pío Carmena, Eduardo Gallego y Alejandro Úbeda**

## Comisión de Asuntos Institucionales

Presidenta: **Mercè Ginjaume**  
Secretario: **Borja Bravo**  
Vocales: **Leopoldo Arranz, David Cancio, Pedro Carboneras, Pío Carmena, Marisa España, Manuel Fernández, Eduardo Gallego, José Gutiérrez, Xavier Ortega, Juanjo Peña, Lucila Ramos, Rafael Ruiz Cruces y Eduardo Sollet**



# CARLOS ENRÍQUEZ MARCHAL

## Jefe del Departamento de Logística de Enresa

En el campo de la Protección Radiológica, tanto en el ámbito industrial como en el sanitario y de investigación, el transporte constituye una actividad muy relevante y, sin embargo, poco conocida.

Para profundizar en sus características, **RADIOPROTECCIÓN** entrevista a Carlos Enríquez, responsable de la logística de Enresa y uno de los principales expertos españoles en esta materia.

Ingeniero Técnico Industrial por la Universidad Politécnica de Madrid, Carlos Enríquez se incorporó al Departamento de Transportes de Enresa (Empresa Nacional de Residuos Radiactivos) en 1987.

En Enresa ha desempeñado diversas funciones, siempre relacionadas con el transporte de residuos radiactivos, entre las que destacan la planificación y el desarrollo de la logística para su retirada, el diseño conceptual de embalajes y de vehículos, y la definición de criterios de inspección para su transporte.

Es supervisor de las instalaciones de Enresa en C.N. Vandellós I, consejero de Seguridad para el transporte de materiales peligrosos de Enresa, y jefe del Departamento de Logística.

Enríquez es el representante español en el Grupo Permanente de Trabajo para el transporte seguro de materias radiactivas de la Unión Europea, y forma parte de diversas comisiones nacionales e internacionales. Es también docente en cursos del OIEA, CSN, Protección Civil y diversas entidades. Ha sido coautor en la traducción al castellano de la Guía de Seguridad del OIEA sobre transporte de material radiactivo, y del libro sobre esta materia editado por la Dirección General de Protección Civil y Enresa.



### TIPOS DE TRANSPORTE

Como primer punto, es importante distinguir los diferentes materiales radiactivos que son susceptibles de ser transportados, y que corresponden a cuatro áreas: las actividades de investigación, la medicina, la industria no nuclear y la industria nuclear.

Explica Carlos Enríquez que "en medicina, los principales son los transportes de radiofármacos, tanto para diagnóstico como para tratamiento, así como las

fuentes de irradiación, que pueden ser de uso médico o de investigación".

En la industria no nuclear, "básicamente hablamos de transportes de fuentes radiactivas utilizadas para la medición de espesores o de niveles, o para procesos de control de calidad".

En cuanto al transporte vinculado al sector nuclear, "en la parte inicial del ciclo se considera la llegada desde el extranjero de dióxido de uranio a la Fábrica de elementos combustibles de Enusa, en Juzbado, y el transporte de

esos elementos a las centrales nucleares españolas o a centrales en el extranjero".

Y, por último, está la parte final del ciclo de combustible nuclear, donde —como indica nuestro entrevistado— "Enresa tiene todo el protagonismo, ya que los residuos son gestionados por esta empresa pública. Los de media y baja actividad se almacenan en el Centro de El Cabril, y en un futuro los residuos de alta irán al Almacén Temporal Centralizado".

## MILES DE MOVIMIENTOS

Las cifras sitúan bien la importancia de este sector de transporte de material radiactivo. "Si hablamos de movimientos –expone Enríquez– en los relacionados con instalaciones radiactivas son entre cuarenta y cincuenta mil al año; en los residuos radiactivos, hablamos entre 200 y 300; y en la distribución de combustible nuclear, los movimientos de equipos de servicios entre centrales nucleares y en función del número de recargas es del orden de otros 200 cada año".

En España están dadas de alta unas 800 instalaciones radiactivas, con un constante movimiento de altas y bajas, controladas por el Ministerio de Industria.

Y un dato interesante es que en el caso de las fuentes radiactivas utilizadas tanto en industria como en medicina, un buen número de ellas no se gestionan como residuos. "Hoy lo que se busca es que, una vez agotada, la fuente radiactiva sea devuelta al país de origen del productor. De esta forma, no genera residuos en España".

## UNA REGLAMENTACIÓN MUY DEFINIDA

El transporte de mercancías peligrosas, entre ellas el material radiactivo, es una actividad que puede realizar cualquier empresa que esté registrada en el Ministerio de Industria y cumpla con los requisitos que se le exigen. El reglamento que regula esta actividad se actualiza cada dos años, y todas las empresas están obligadas a seguirlo.

Cuando nos referimos a la base técnica que regula el transporte de material radiactivo, Carlos Enríquez nos muestra el documento que sirve de referencia internacional: el SSR-6 del OIEA (*Specific Safety Requirements*), que corresponde al *Regulation for the Safe Transport of Radioactive Material*. Todas estas normas son iguales para todos los países del mundo".

"En base a este reglamento se hace una adaptación de los modos de ope-

“ La tendencia es que, una vez agotada, la fuente radiactiva sea devuelta al país de origen del productor. De esta forma, no genera residuos en España ”

ración a los diferentes tipos de vehículos, porque no es lo mismo transportar material radiactivo en un avión, donde la distancia entre el material y el pasajero es pequeña, a hacerlo en un barco, con espacios más amplios. En el primer caso, el blindaje deberá atenuar las dosis en contacto a niveles más bajos, por la menor distancia con los lugares habitados del vehículo, (avión)".

Además, Europa cuenta con el ADR (*Agreement on Dangerous Goods by Road*), para el transporte por carreteras, y existen también documentos equivalentes para avión, barco y ferrocarril.

Por otra parte, en las últimas décadas se han producido cambios importantes en el sector del transporte. Uno de ellos fue el establecimiento de los consejeros de seguridad para el transporte de mercancías peligrosas, de ámbito

europeo, según la cual explica Carlos Enríquez que "cualquier empresa involucrada en la producción y transporte de mercancías peligrosas debe contar con un experto en la reglamentación del transporte. Este consejero no es responsable de la explotación pero sí de verificar que existen los documentos y los procedimientos adecuados, y se encarga de emitir anualmente un informe a la Administración responsable, que en este caso es la comunidad autónoma".

Además, en el caso del material radiactivo, el paso más importante en los últimos años ha sido la creación del registro de empresas transportistas. De esta forma cualquier empresa que quiera dedicarse a esta actividad, debe de cumplir con una serie de requisitos, para que el transporte se desarrolle de una manera adecuada.

En cuanto a legislación, concluye Enríquez que "estamos suficientemente regulados, y tenemos un marco adecuado, muy superior al de otras mercancías peligrosas". De hecho, el CSN ha emitido en los últimos años una serie de instrucciones técnicas para regular



aún más esta actividad, en particular las últimas dos Instrucciones Técnicas, hacen referencia a la formación del personal involucrado en el transporte de materias radiactivas y a los controles a los fabricantes de embalajes, ambas son abordadas en este número.

“ Estamos suficientemente regulados, y tenemos un marco adecuado, muy superior al de transporte de otras mercancías peligrosas ”

así que el transporte sea adecuado y que el material que llega al Cabril es el previsto”.

Esta función no es habitual. Por ejemplo, no la realiza Andra, la agencia de residuos radiactivos de Francia, donde el transporte lo gestiona el productor.



### EL APELLIDO RADIATIVO

Para nuestro entrevistado, hay una diferencia clara que hace especialmente sensible el transporte de material radiactivo con relación al resto de mercancías peligrosas. "El riesgo de transportar cualquier otra mercancía peligrosa, en un envase adecuado, nunca trasciende. Podemos llevar el ácido más corrosivo, el gas más tóxico o el virus más peligroso, pero si el embalaje está perfectamente cerrado no hay ninguna manera de interactuar y de generar riesgo. Sin embargo, en el transporte de material radiactivo siempre tenemos un mínimo riesgo, que debido a los efectos estocásticos de las radiaciones ionizantes siempre está presente, y que además no podemos percibir por nuestros cinco sentidos. Quizá sea eso lo que crea mala prensa a este sector".

Otro matiz igualmente trascendente es que "necesita de una traducción. Una mercancía peligrosa va soportada por una definición química. Sin embargo, *radiactivo* no deja de ser un apellido,

aplicable a un elemento que puede ser sólido, líquido o gas. Eso ha inducido a que el CSN haya elaborado la Guía de Apoyo 6.5 que, a base de preguntas, va centrando la situación de cada material radiactivo y, por lo tanto, la forma de manejarlo y transportarlo".

### ENRESA, UNA FUNCIÓN PECILIAR

El transporte de residuos radiactivos está asignado a Enresa, con una característica que lo hace diferente a agencias similares en otros países, y es que esta empresa pública es responsable del transporte como remitente.

Como explica su responsable de logística, "la transferencia del material no se produce en El Cabril sino en la salida de cada una de las instalaciones. Allí, todos los residuos son inspeccionados por técnicos de Enresa, para confirmar que el material es el adecuado y que está acondicionado de acuerdo con los requisitos exigidos, garantizando

Una característica que hace diferente a la empresa española.

### LAS COMPETENCIAS EN CASO DE ACCIDENTE

Un aspecto que resulta diferenciador es que el transporte no está incluido en la directriz básica de riesgo radiológico. Esto hace que los accidentes originados por el transporte estén incluidos en los planes autonómicos de mercancías peligrosas, que todo lo vehiculan a través de los servicios de emergencias y del número de teléfono 112. A partir de ahí, cada plan, en función de la organización de cada comunidad autónoma, funciona de una manera diferente.

En opinión de Carlos Enríquez, "esto no debería ser así, ya que algunas autonomías tienen encomiendas del Consejo, pero otras no. Además, la formación no está unificada, y no todos los Samur y los bomberos tienen equipos de medida adecuados ni la formación necesaria para su utilización. En





nuestro entrevistado es consciente de que, en este aspecto, poco pueden decir los técnicos, ya que es en el ámbito político donde se toman esas decisiones.

En cualquier caso, Enríquez es claro al afirmar que "las estadísticas están ahí. Los accidentes de tráfico en el transporte de material radiactivo no han implicado nunca un incidente desde el punto de vista radiológico. Pero a pesar de esta realidad evidente, cada vez que alguien ve un trébol en un camión, se asusta y, sin embargo, a nadie le preocupa conducir detrás de un camión lleno de bombonas de butano".

## EL FUTURO

El sector del transporte va ligado al desarrollo del sector industrial. En este sentido, Carlos Enríquez reconoce que "estamos notando la crisis a través de las múltiples bajas de instalaciones radiactivas que se están produciendo, especialmente en el sector de la construcción y en la ausencia de nuevas plantas industriales. Sin duda, no somos insensibles a la evolución de la industria".

Situación diferente es la del sector médico, en el que desaparecen unas técnicas pero se crean otras. "Es un sector muy vivo, en el que el tema del transporte es relevante".

Y en el sector nuclear, la situación es también diversa. "No parece que se vaya a construir ninguna nueva central nuclear, por lo que el transporte estará vinculado a las instalaciones que están actualmente en funcionamiento".

Pero la actividad que nuestro entrevistado considera claramente de futuro es el desmantelamiento, "donde estará el mayor volumen de trabajo. En España, y específicamente en Enresa, tenemos una experiencia importante en el desmantelamiento de Vandellós 1, en el que llegamos a un nivel 2, y el hito fundamental será el de la central nuclear José Cabrera, en el que se alcanzará un nivel 3, por lo que quedará un emplazamiento libre para cualquier tipo de uso industrial".

Estos trabajos gestionan un alto volumen de material, entre chatarras, hormigones y tierras, que generan flujos importantes de transporte de material radiactivo, aunque en una gran mayoría de los casos con una muy baja actividad radiológica.

"Enresa, y toda la industria española de apoyo, estamos en una posición privilegiada dentro de Europa, y somos referentes en el ámbito del desmantelamiento a nivel mundial, como lo demuestra la celebración en Madrid de un *workshop* del OIEA sobre este tema", concluye Carlos Enríquez. ■

mi opinión, el aviso de cualquier incidencia debería pasar por el CSN, que cuenta con personal preparado para asesorar, y estar unificado a nivel nacional, respetando siempre las competencias autonómicas".

Las circunstancias son diferentes si puede contarse con la intervención de Enresa, ya que "debemos ser de las pocas empresas públicas con ámbito nacional. Disponemos de un plan de contingencias propio, que de manera coordinada se pone a disposición del 112 cuando se produce un incidente. Si es un conductor nuestro el que tiene un problema, llamará al 112 pero también a Enresa, y pondremos el apoyo técnico necesario. Todos nuestros vehículos llevan equipos de medida de radiación y contaminación, y nuestros conductores están perfectamente formados para su utilización. En cualquier caso, cuando la información llega a Enresa, tenemos capacidad para acudir con medios técnicos al lugar del accidente".

Esta actuación, que es propia de Enresa, no puede exigirse a empresas pequeñas. Por eso es importante avanzar en la unificación de criterios entre los diferentes planes autonómicos, aunque

## LOS CUERPOS Y FUERZAS DE SEGURIDAD DEL ESTADO

A nivel estatal, salvo en Cataluña y el País Vasco, es la Guardia Civil la primera que interviene en los accidentes de tráfico. En opinión de Carlos Enríquez, "la Guardia Civil es el cuerpo mejor formado para la intervención; de hecho, nosotros colaboramos habitualmente con ellos participando en sus planes de formación de manera habitual".

Como responsable de esta actividad en Enresa, reconoce que "me dan mucha tranquilidad desde el punto de vista del conocimiento de la mercancía para tomar las primeras medidas en un accidente, a la espera de que lleguen los técnicos, sobre todo porque tienen un nivel de conocimiento suficiente de lo que es el transporte de material radiactivo como para no aportar miedos atávicos. La Guardia Civil conoce nuestro transporte y lo considera como uno más".

Insiste Enríquez en que "nadie se asuste por ver un trébol, que tenga las mismas precauciones que si ve un tanque de gasolina. No olvidemos que hay nueve tipos de mercancías peligrosas, y la radiactiva sólo es una de ellas".

# Transporte de material fisionable

Pilar Pérez Millán<sup>1</sup> y Plácido Requejo Martín<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Express Truck SAU

<sup>2</sup>Enusa Industrias Avanzadas, S.A.

**RESUMEN:** Dentro de las necesidades de transporte de la industria nuclear se dan movimientos muy diversos como elementos combustibles, fuentes, herramientas, residuos...Cada uno con su propia casuística, frecuencia, peso, volumen y sometidos a requisitos específicos según su naturaleza y características.

El transporte de materiales fisionables constituye un tipo de material característico con requisitos específicos aplicables a los contenedores, notificaciones, etiquetado, documentación. Para ilustrar la complejidad en la planificación y organización del transporte de este tipo de materiales vamos a tomar como ejemplo el transporte de combustible nuclear fresco desde España a una central nuclear extranjera.

**ABSTRACT:** The preparation of consignments of fissile material must be done well in advance due to the strict international regulations which must be complied with. The processing of authorisations, insurance, availability of resources, etc... requires coordinated planning, which entails close and constant cooperation between consignor and transport operator. This article illustrates, through a real case, all aspects to be taken into account when preparing a consignment of fissile material.

Palabras clave: Fisionable, transporte, radiactivo, seguridad, gestión.  
Keywords: Fissile, transport, radioactive, safety, security, management.

El combustible nuclear fresco al contener U235 es clasificado como material fisionable. Por ello se deben tener en cuenta los riesgos derivados de la capacidad de este isótopo radiactivo para producir reacciones de fisión. La fisión nuclear es el proceso físico mediante el cual un núcleo atómico se divide en varios fragmentos, liberando energía y neutrones. Este proceso se caracteriza por liberar una gran cantidad de energía por núcleo fisionado además de nuevos neutrones que pueden dar lugar a sucesivas fisiones de forma auto-sostenida, lo que se denomina reacción en cadena. Para el transporte de este tipo de materiales, la reglamentación de transporte establece toda una serie de requerimientos para evitar los riesgos en su transporte y diferenciarlos debido a su naturaleza específica. Con el ejemplo propuesto ilustraremos dichos requerimientos a tener en cuenta en todas las fases de preparación y realización de uno de estos transportes.

En 2015 se realizaron en España 70 envíos de material fisionable. De ellos 65 tuvieron origen o destino en Enusa y fueron gestionados por ETSA, ambas empresas pertenecientes al mismo grupo empresarial.

En un transporte internacional de elementos combustibles frescos Enusa y ETSA desempeñan los siguientes papeles:

- La fábrica de elementos combustibles de Enusa actúa como expedidor de la mercancía, con un papel muy importante en el transporte ya que se ocupa de la preparación de los combustibles para su transporte: dispone de los contenedores adecuados, embala los combustibles, realiza la medición y etiquetado de los contenedores, emite la documentación de transporte
- ETSA, como único operador logístico especializado en el sector en España, coordina a todas las organizaciones que implicadas (autoridades competentes, remitentes, agentes y destinatarios) durante la etapa física del transporte para asegurar el cumplimiento de los requisitos legales y de cliente.

La coordinación entre el expedidor y el operador logístico debe ser muy estrecha para que el proyecto llegue a buen fin.

Antes de poder organizar cualquier proyecto de transporte, tanto Enusa como ETSA deben contar con los requisitos aplicables los materiales radiactivos fisionables.

ETSA, como compañía de transporte debe contar con las autorizaciones necesarias para la ejercer como Transportista de Sustancias Nucleares y Radiactivas y debe contar con la autorización sobre Protección Física de materiales nucleares y fuentes radiactivas.



Enusa además de mantener sus licencias como instalación nuclear autorizada, coordina toda la logística previa: gestión de acopios, planificación y gestión de la producción, fechas de entrega, plan de entregas y retornos en función de la cantidad de contenedores para el transporte de elementos combustibles...

Una vez definida la necesidad de transporte cada parte del proceso se va a diseñar para minimizar los riesgos, en base a la legislación y a requisitos de seguridad propios. La legislación será la que marque los plazos de la planificación del transporte.

- La legislación aplicable al transporte convencional, como el código de circulación, y de mercancías peligrosas en general regulado en el código ADR para el transporte de mercancías peligrosas por carretera y su equivalente marítimo (IMDG) y aéreo (IATA).
- La regulación internacional del transporte nuclear, como el radiactivo general, proviene de las normas de las Naciones Unidas y sus adaptaciones en las recomendaciones de Agencia Internacional de la Energía Atómica. Está enfocada, principalmente, a garantizar la seguridad durante la expedición, desde los ámbitos de la seguridad radiológica "safety" (protección de las personas y medioambiente frente a los riesgos inherentes a los productos radiactivos) y a la seguridad física "security" (protección física de los materiales nucleares y radiactivos ante actos no autorizados por parte de terceros como son el sabotaje, desvíos no autorizados o robos).

Pese a que las bases de la regulación son internacionales, cada país presenta distintos matices o requisitos adicionales.

El cumplimiento de los requisitos legales exige respetar unos plazos rígidos y frecuentemente muy largos. El proceso se debe abordar a largo (un año o más), medio (entorno a tres meses) y corto plazo (justo antes de la ejecución).

## PLANIFICACIÓN A LARGO PLAZO

En esta fase se definen el modelo de bulto a utilizar y las diferentes alternativas de transporte identificando los países de tránsito y destino, por el tipo de carga, la vía de transporte (terrestre o marítimo) (Foto 1).

El plazo debe ser largo ya que en función de los países y la vía, la dificultad en la obtención de algunas autorizaciones puede hacer inviable la alternativa de transporte.

Desde el punto de vista del operador de transporte, se deben obtener las autorizaciones de transporte y de protección física de la mercancía por país de tránsito. A día de hoy estos requisitos varían mucho entre países y es un punto clave a tener en cuenta a la hora de prever los transportes. Esto implica en muchas ocasiones la coordinación con colaboradores de distintas nacionalidades, la firma de acuerdos

específicos y la gestión de trámites que pueden ser más o menos sencillos de conseguir.

Desde el punto de vista del expedidor, se requiere disponer de un bulto aprobado por una autoridad competente para el transporte de la materia fisionable en cuestión, donde se atestigüe que su diseño satisface todas las disposiciones del reglamento de la OIEA. Para el caso de elementos combustible se requiere un bulto aprobado para el diseño específico de combustible que se pretende transportar. Además, debido al requerimiento de aprobación multilateral establecido para el transporte de materias fisionables, dicho certificado de aprobación deberá estar validado por todos los países de origen, tránsito y destino de las diferentes rutas de transporte que se estén contemplando. Los plazos para la obtención de la validación de los bultos dependen mucho de cada país y de los plazos, dudas y consultas que disponga la autoridad competente en cada caso.

El objetivo de estos bultos es evitar que en el caso de accidente grave se produzca una liberación del contenido inaceptable, un incremento de la radiación en el exterior o una situación de riesgo nuclear. Por lo tanto los bultos deben:

- Tener en cuenta las propiedades radiactivas del material. Según el nivel de actividad, de acuerdo al ADR, el transporte podrá realizarse en bultos clasificados como bulto industrial, tipo A, tipo B, tipo C.
- Ser diseñados para garantizar la seguridad con respecto a la criticidad en condiciones de transporte rutinario, normal y en caso de accidente. Dicho requerimiento se basa en que en ninguna circunstancia pueda inducirse durante el transporte, o provocada por un accidente del mismo, una reacción en cadena del material fisionable capaz de auto-sostenerse (lo que significa mantenerse en condiciones de subcriticidad) (Foto 2).



Foto 1



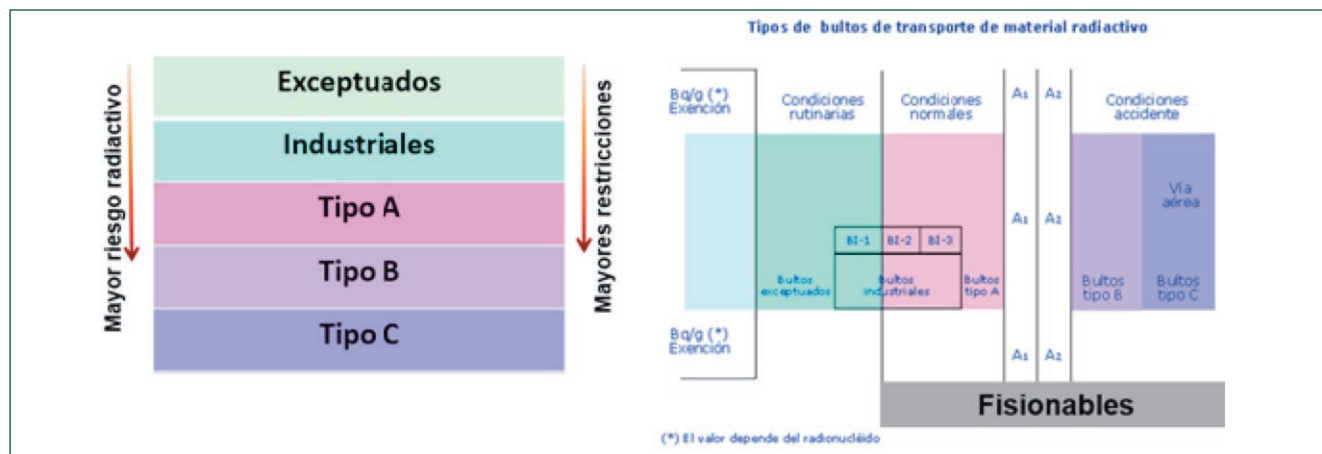


Foto 2

La autoridad competente de origen emite el certificado de probación, avalado por el estudio de seguridad del bulto, donde se establece las materias admitidas para el transporte en dicho bulto, los ensayos a los que se ha sometido y las evaluaciones de criticidad de los resultados para demostrar la subcriticidad. En concreto, el bulto deberá ser subcrítico en las siguientes condiciones:

- bulto en aislamiento suponiendo penetración o fuga de agua en todos los espacios vacíos del bulto.
- reflexión total de al menos 20cm de agua o mayor por los materiales del embalaje para el sistema de confinamiento y en las condiciones de máxima multiplicación de neutrones resultantes de la configuración de bultos:
  - en condiciones de transporte de rutina
  - tras los ensayos de condiciones normales
  - tras los ensayos de condiciones accidentales de transporte

De las evaluaciones de subcriticidad se obtiene:

- La determinación del número N en condiciones normales de transporte de modo que un número de bultos igual a cinco veces N sea subcrítico
- La determinación del número N en condiciones accidentales de transporte de modo que un número de bultos igual a dos veces N sea subcrítico
- El CSI, que se obtiene dividiendo 50 entre el menor de los dos valores de N

En el certificado del bulto se indicará este índice de seguridad con respecto a la criticidad (CSI-Criticality safety index) mencionado. Este índice tiene por objeto asegurar la subcriticidad de los transportes, sirviendo para controlar la acumulación de bultos, sobreenvases o contenedores con contenido de materias fisionables. A partir de este índice se limita el número de contenedores por remesa, si se debe realizar en modalidad de uso exclusivo, o la aplicación de una

distancia mínima de 6m entre grupos con CSI mayor de 50 para el almacenamiento en tránsito.

Este índice irá indicado en cada bulto, así como la identificación del expedidor o del destinatario, o de ambos, el número ONU, marca de su masa bruta admisible, mención al tipo de bulto, marca de identificación de dicho diseño y un número de serie, de conformidad con el certificado del país de origen del modelo.

También es posible que la expedición pueda desarrollarse bajo autorización especial, en aquellos supuestos en los que se hayan realizado pequeñas alteraciones en la configuración originaria del bulto o cuando se pretenda transportar contenidos no sean exactamente lo que establece el certificado. Se requiere autorización de transporte de una remesa cuando se supere la suma de CSI mayor de 50 para los bultos cargados en una misma unidad de transporte.

### PLANIFICACIÓN A MEDIO PLAZO

En este momento se determinan los medios físicos necesarios para la realización del transporte.

- Desde el punto de vista de Enusa es importante la gestión de embalajes. Los contenedores de transporte de elementos combustibles son un componente caro. La demanda acumulada de entregas en ciertos periodos de carga obliga a planificar con antelación las propuestas de entrega y planes de retorno de contenedores, identificando necesidades adicionales o conflictos de entrega importante, los cuales pueden llegar hasta condicionar el orden de fabricación de recargas (Foto 3).
- Desde el punto de vista de ETSA:
  - Se comprueba la disponibilidad de vehículos de transporte. Al recaer la seguridad de la mercancía en el bulto, el ADR no exige ninguna certificación específica para los vehículos de transporte, sin embargo se deben a los re-



Foto 3

quisitos de estiba exigidos por Enusa para garantizar la seguridad de la carga y la calidad e integridad del producto. El número de vehículos es limitado y debe tenerse en cuenta a la hora de planificar el transporte.

- Se identifica el personal de conducción necesario y que su formación es la requerida desde el punto de vista legal (es una medida más de seguridad-safety), incluyendo requisitos de acceso a las instalaciones de origen y destino se preparan con suficiente antelación. En ocasiones el destinatario o incluso algunas autoridades competentes en materia de protección física, pueden solicitar el personal que va a intervenir con meses de antelación a la realización del transporte (Foto 4).

En esta fase es conveniente solicitar la contratación del Seguro de Responsabilidad Civil Nuclear y petición del Certificado de Seguridad Financiera.

- Para cubrir los posibles percances ocurridos durante los movimientos, la ley 25/1964 sobre Energía Nuclear establece que el explotador responsable del transporte deberá

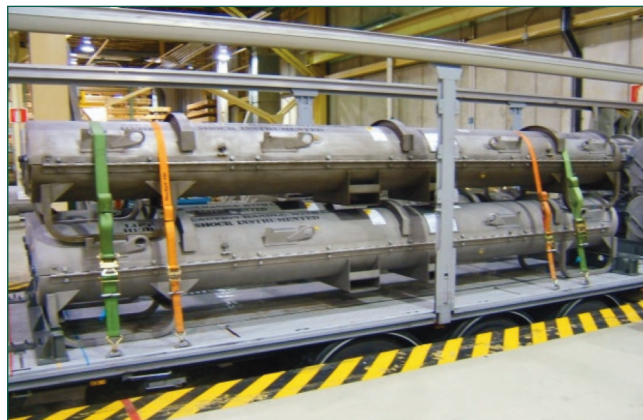


Foto 4

responder de los daños nucleares causados a terceros. Esta ley establece también la obligatoriedad de la cobertura de esta responsabilidad mediante la contratación de una póliza de seguro.

- Certificado de Seguridad Financiera. Emitido por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Surge ante la problemática de prestar cobertura de los riesgos nucleares cuando el transporte atraviesa distintos países Su finalidad principal es la identificación del explotador responsable de acuerdo al espíritu y contenido del Convenio de París (1960). Además da garantía de que el Estado emisor cubrirá los daños que sobrepasen el límite cubierto por el seguro RCN.

En esta fase de preparación de la expedición la ruta de transporte queda fijada, iniciándose la tramitación de autorizaciones de transporte requeridas en algunos países europeos como Bélgica o Alemania. Dichas tramitaciones requieren una anticipación al transporte del orden de 2 y 3 meses.

### CORTO PLAZO

Esta fase comienza aproximadamente 1 mes antes a la ejecución del transporte y en ella se:

- Establecen fechas, programas definitivos, equipos técnicos y humanos concretos.
- Fija la logística de retorno de embalajes vacíos (material radiactivo en bultos exceptuados, no fisionable)
- Verifican los requisitos legales de vehículos y conductores.
- Recopila y prepara la documentación
- Chequean los vehículos y equipos de emergencia con revisiones adicionales a las exigidas por los fabricantes.
- Notifica el transporte a las autoridades pertinentes:
  - Enusa Notificaciones por el permiso de explotación o requisitos de aprobación del bulto.
  - ETSA como titular de la Protección Física de los transportes notificará en España al Ministerio del Interior y al Consejo de Seguridad Nuclear. En el resto de países según los acuerdos establecidos con la correspondiente autoridad competente o garante de protección física titular.

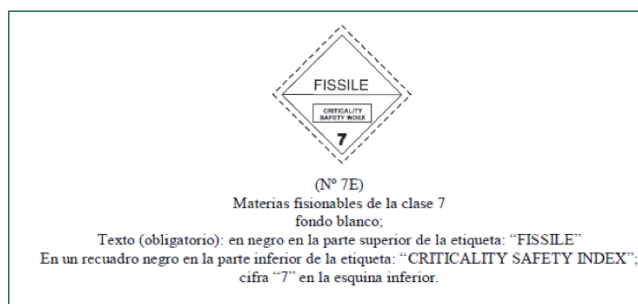


Foto 5



Foto 6

### EJECUCIÓN DEL TRANSPORTE Y FASE POSTERIOR

Antes de la salida del transporte se comprueba que el vehículo se encuentra etiquetado correctamente, como medida de seguridad radiológica "safety", y según establecen los códigos de mercancías peligrosas: paneles naranjas y etiquetas de señalización de peligro.

Tras el embalaje de los combustibles se procede al etiquetado de bultos y medios de transporte una vez cargados. Para los materiales fisionables se requiere específicamente el etiquetado del CSI ya comentado:

- Cada bulto de llevar la etiqueta de fisionable indicando en el recuadro el CSI establecido en el certificado de aprobación del bulto según el contenido transportado (Foto 5).
- En el caso de contenedores marítimos o plataformas la etiqueta de fisionable indicará la suma de los índices de seguridad con respecto a la criticidad del total de bultos cargados (Foto 6).

Durante el transporte, se dispone de toda la documentación que evidencia el cumplimiento de los requisitos legales

e información adicional requerida. Como mínimo se incluye:

- Certificado del expedidor con descripción de la mercancía, número de bultos e identificación, actividad o gramos del radionucleido fisionable, categoría del bulto y envío, índice de transporte, CSI... certificación sobre el cumplimiento de los requisitos del transporte.
- ETSA facilita a los conductores instrucciones escritas conformes al ADR, sobre las recomendaciones de seguridad y actuación en caso de accidente.
- Enusa facilita otras instrucciones adicionales sobre los riesgos y pauta de actuación a seguir con la mercancía transportada, por sus peculiaridades como fisionable.

El ADR también establece la necesidad de un equipamiento de emergencia básico que se completa según los propios requisitos de ETSA y Enusa, como son, equipo y material para caso de emergencia, máscaras, monos de protección, guantes, equipos de medición de radiación y contaminación, extintores de metal aptos para material fisionable...

Para este tipo de transporte de material nuclear se precisan medios de transporte con medidas y sistemas de seguridad que puedan garantizar la Protección Física. Estas medidas, de carácter confidencial, si influyen en la determinación de los elementos necesarios en la dotación de los vehículos.

Las medidas de protección física implican un seguimiento y control constante de la expedición, tanto por parte de ETSA como de las autoridades (Fuerzas de Seguridad del Estado)

Una vez realizado el transporte, se procede a la gestión de la documentación para su archivo y custodia como marca la legislación. Cualquier incidente o posibilidad de mejora durante el transporte o sus retornos se incluye en los procedimientos para su aplicación en próximas expediciones.





# Gestión integral de los transportes radiactivos

M. J. Rodríguez y M. Morán

Express Truck SAU

**RESUMEN:** El transporte de materiales radiactivos es una actividad necesaria e intrínseca a la utilización de este tipo de materiales. Con objeto de garantizar el cumplimiento de los requisitos de transporte, es necesario desarrollar herramientas que permitan a las organizaciones gestionar las operaciones de transporte de forma integral. El desarrollo de estas herramientas debe realizarse considerando todos los aspectos que influyen en la seguridad de los movimientos de estas mercancías.

**ABSTRACT:** The transport of radioactive material is a necessary activity intrinsic to the use of these types of materials. With the objective of guaranteeing compliance with transport regulations, it is necessary to develop tools which allow organisations to manage these transport operations in a comprehensive manner. These tools should be developed taking into account all aspects which influence safety/security when transporting these goods.

Palabras clave: transporte, radiactivo, seguridad, protección, logística, gestión.  
Keywords: Transport, Radioactive, Safety, Security, logistic, Management.

## INTRODUCCIÓN

El transporte de materiales radiactivos es una actividad necesaria e intrínseca a la utilización de este tipo de materiales.

En la Unión Europea el número de bultos transportados durante un año supera el millón y medio (lo que representa aproximadamente el 2% de todas las mercancías peligrosas transportadas). Esto significa, que cada día laboral se transportan unos 7.500 bultos radiactivos.

La mayoría de los envíos se realizan para el sector médico y de investigación. Una mínima parte, alrededor de un 5% de los transportes, están asociados al ciclo de combustible nuclear (Figura 1).

El contenido radiactivo de estos envíos es muy variable:

- Isótopos radiactivos para usos médicos e investigación: TC 99, I 123, 125, 131, Ga 67, Itrio 90, Flúor 18, etc.

- Fuentes radiactivas de diversa categoría.
- Mineral y concentrados de uranio, hexafluoruro y óxido de uranio, elementos combustibles frescos, etc.
- Herramientas y equipos relacionados con la industria nuclear.
- Materiales considerados como residuos radiactivos de todo tipo.

En cuanto a los medios de transporte utilizados, el material radiactivo se transporta por tierra (carretera y ferrocarril), por mar (buques de carga: de línea o en fletamento) y por aire (aeronaves de carga o pasajeros). La elección del medio de transporte depende del volumen, características y tipo de material y embalaje, origen y/o destino del envío, costes y en general, criterios logísticos de diversa naturaleza.

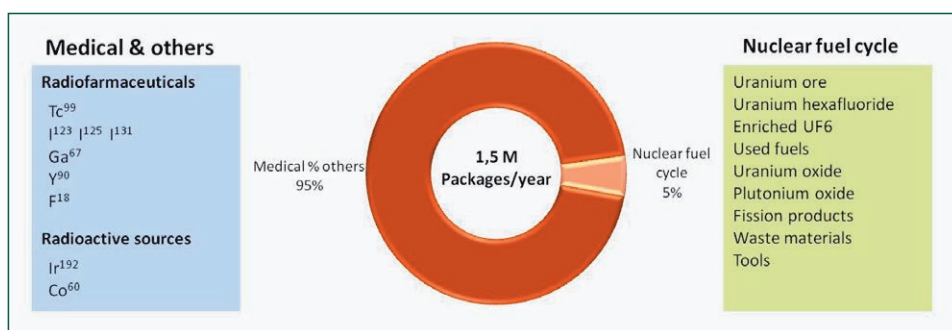


Figura 1: Bultos/año Europa.

## LOS TRANSPORTES RADIATIVOS EN ESPAÑA

El nº de transportes nucleares y radiactivos es difícil de precisar. El uso de isótopos radiactivos en medicina, investigación ó industria, es frecuente. La ejecución del transporte sólo precisa del control del expedidor, transportista y destinatario, por lo que es difícil su estimación numérica global.

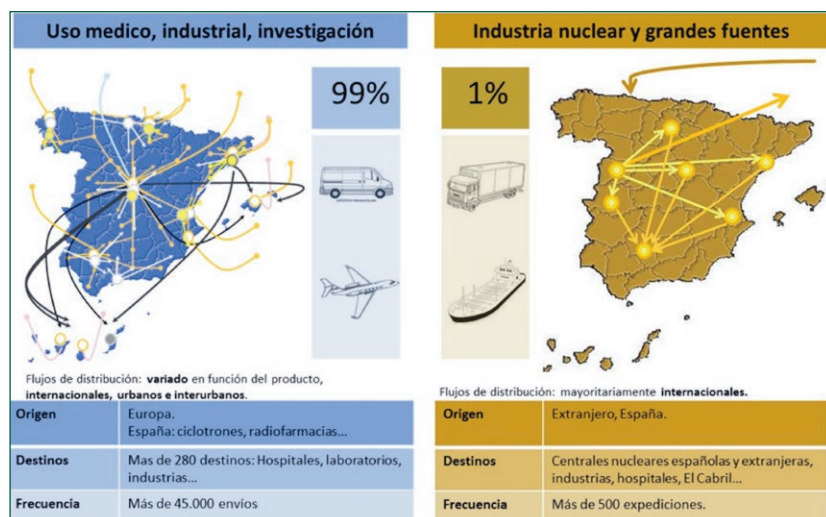


Figura 2: Flujos de distribución en España.

Podemos diferenciar los transportes relacionados con la medicina e investigación de los relacionados con el ciclo de combustible y grandes fuentes radiactivas. Existen importantes diferencias entre ambos (Figura 2):

- En cuanto a los de uso médico, los flujos de distribución son variados en función del producto: internacionales, urbanos e interurbanos. Los orígenes de los transportes están en España y en Europa. Los destinos son hospitales españoles y laboratorios. La frecuencia es de aproximadamente 45.000 envíos al año (99 % del total de los envíos radiactivos realizados en España).
- En la industria nuclear, los flujos de distribución son mayoritariamente internacionales. Los orígenes o destinos son las centrales nucleares, El Cabril (Enresa), Fábrica de Juzbado (Enusa) e industrias diversas. El número de expediciones es mayor de 500 al año (aproximadamente el 1 % de todos los envíos radiactivos realizados en España)
- El uso médico requiere entregas *just in time* y una red permanente de distribución. Los envíos son de tamaño pequeño o medio (bultos exceptuados y tipo A, principalmente). Se transportan en furgonetas con blindaje de plomo entre los habitáculos de carga y conducción. Van controladas por GPS o GPRS. Los medios de transporte utilizados son normalmente una combinación del aéreo y el terrestre.
- Los transportes relacionados con la industria nuclear y grandes fuentes, requieren autorizaciones y notificaciones previas en todos los países de ejecución. Son controlados por GPS en todo el itinerario y tienen requisitos de protección física. Son de gran volumen y peso. Los bultos utilizados normalmente son de tipo A/B fisionables. Se transportan en camiones tráiler y se usa frecuentemente la vía marítima.

## SEGURIDAD EN EL TRANSPORTE MATERIALES RADIATIVOS

La seguridad en el transporte de los materiales radiactivos puede ser tratada desde dos ámbitos distintos:

**A)** Protección de las personas y medio ambiente frente a los riesgos inherentes a los productos radiactivos durante su transporte: SAFETY.

Este objetivo se consigue mediante el diseño adecuado de todos los elementos implicados en el transporte: Diseño de los embalajes que van a contener materiales radiactivos y en la preparación del envío por el expedidor.

Por tanto, la seguridad del transporte recae, en su mayor parte, en el expedidor:

utilización de los embalajes idóneos, preparación adecuada de los bultos, cumplimentación de documentación del envío e información al transportista sobre el contenido, sus riesgos, los controles de carga y almacenamiento y las instrucciones de emergencia (Figura 3).

**B)** Protección física de los materiales nucleares y radiactivos durante su transporte: SECURITY

Este objetivo se consigue con la implantación de medidas para proteger la mercancía radiactiva de actos de sabotaje, desvíos no autorizados o robos durante los transportes. Entre otras son: tratamiento reservado de la información, planes de seguridad, escoltas armadas, notificaciones y autorizaciones previas al transporte, etc.

La adopción de medidas de protección física de los materiales nucleares y radiactivos durante su transporte han motivado cambios regulatorios en los que se responsabiliza a las compañías de transporte a adoptar medidas encaminadas a proteger el uso no autorizado de estos materiales. También ponen de manifiesto que la actividad de transporte no puede considerarse como un simple uso de recursos de transporte. Estas medidas han sido adoptadas por los estados de diferente forma.



Figura 3: Vehículo diseñado específicamente para el movimiento de residuos.



	ALEMANIA	BELOGA	HUNGRÍA	BULGARIA	POLONIA	ESLOVENIA	RUMANIA	AUSTRIA
ADR. RID. MOL.ATA	●	●	●	●	●	●	●	●
AUTORIZACIÓN TRANSPORTISTA	●	●	●	●	●	●	●	●
AUTORIZACIÓN ENVÍO	●	●	●	●	●	●	●	●
PERSONA LEGALMENTE CAPACITADA EN EL TERRITORIO	●	●	●	●	●	●	●	●
CERTIFICADO PENALES DE LOS RESPONSABLES	●	●	●	●	●	●	●	●
SISTEMA DE CALIDAD	●	●	●	●	●	●	●	●
PPR APROBADO POR LAS AUTORIDADES	●	●	●	●	●	●	●	●
PPF ESPECÍFICO	●	●	●	●	●	●	●	●
RESPONSABLE DE PR HABILITADO EN EL PPR	●	●	●	●	●	●	●	●
PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA COMUNICACIÓN ESPECÍFICOS	●	●	●	●	●	●	●	●
ESCUELA ESPECÍFICA	●	●	●	●	●	●	●	●
SUPERVISOR VEHÍCULO INICIAL	●	●	●	●	●	●	●	●
TASAS AUTORIZACIÓN	●	●	●	●	●	●	●	●
TASAS ENVÍO	●	●	●	●	●	●	●	●
NOTIFICACIONES ADICIONALES ADR	●	●	●	●	●	●	●	●

Tabla 1

La adaptación particular de los aspectos de protección por parte de los estados ha sido diversa (tanto en los niveles de protección como en la metodología), levantándose verdaderas fronteras internas que dificultan el tránsito entre países.

Como ejemplo, la Tabla 1 ilustra la situación en algunos países sobre algunos aspectos que influyen en la protección:

Puede observarse, que los requisitos adoptados por los diferentes estados son distintos, poniendo de manifiesto, la necesidad de conocer exhaustivamente la legislación aplicable antes de comenzar los movimientos de estos materiales. La no adopción de estos requisitos por los operadores de transporte podría tener consecuencias tales como: paralización de los envíos en fronteras, sanciones económicas, etc.

## REAL DECRETO 1308/2011 SOBRE PROTECCIÓN FÍSICA DE LOS MATERIALES NUCLEARES Y FUENTES RADIATIVAS

En España, la entrada en vigor del real decreto 1308/2011 sobre protección física de los materiales nucleares y fuentes radiactivas ha supuesto un hito importante para la gestión de los traslados de estos materiales. Se ha modificado sustancialmente el régimen aplicable, afectando tanto al transporte por carretera como a los tránsitos de buque que transporten materiales nucleares de cualquier categoría

Las disposiciones de este real decreto van más allá de la adopción de los acuerdos internacionales sobre protección



Figura 4: Vehículo diseñado específicamente para el movimiento de residuos.

física, siendo de aplicación en materiales nucleares, instalaciones nucleares y fuentes radiactivas.

La implantación de los requisitos exigidos en este real decreto supone cambios importantes en las empresas de transportes que trasladan este tipo de materiales. Estos requisitos pueden clasificarse de la siguiente forma:

1) Relacionados con la organización y estructura: se requiere la creación de un departamento de seguridad que cuente con un director de seguridad habilitado por el Ministerio del Interior. Esta nueva estructura se complementa con la necesidad de contar con un centro de comunicación. Además, todas las actividades deberán ser evaluadas dentro de una "cultura de seguridad".

	REQUISITOS LEGALES QUE AFECTAN A LA ORGANIZACIÓN	APLICACIÓN EN ETSA
GENERALES	Consejero de Seguridad Clase 7	Consejeros de Seguridad adscritos a ETSA (carretera y ferrocarril)
	Programa de Garantía de Calidad	Organización independiente de calidad. Certificación Sistema de calidad ISO9001 y UNE-73401:95. Homologación de clientes remitentes/consignatarios de material nuclear.
	Plan de Protección Radiológica	Organización de Protección Radiológica con supervisores PR
	Derivados de la IS-34/CSN	Implantación en PPR, Sistema de Calidad y Plan de Emergencia de ETSA
PROTECCIÓN FÍSICA RD 1308/2011	Inscripción registro transportistas materiales radiactivos MINERTUR	RTR-001
	Departamento de Seguridad y Director Seguridad habilitado M. Interior	Departamento de Seguridad aprobado por M. Interior con Director de Seguridad titulado adscrito laboralmente a ETSA.
	Plan de protección física materiales nucleares	Genérico material nuclear Categoría III con adaptaciones para Clase II
	Procedimientos de comunicación y verificación periódicas de transportes	Incluidos en el Plan de P.F.
	Centro comunicación seguimiento continuo	Protocolo Guardia Civil-ETSA. Sistema de Información de los transportes nucleares integrados con la Guardia Civil.
	Procedimientos actuación ante amenazas. Coordinación con cuerpos y fuerzas de seguridad del Estado. Planes de contingencias y emergencias.	
	Registro de personal que interviene en el Ministerio del Interior	Registrado todo el personal interviniente propio y subcontratado en M. Interior
	Inscripción Registro de entidades que lleva a cabo transportes que requieren medidas de protección física	RTPF-001
PROTECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	Notificaciones al M. Interior y CSN seguras	Información encriptada
	Protección de la información: en soporte físico y electrónico. Archivos protegidos.	Zona acceso controlado y entornos informáticos seguros (arquitectura, equipos y comunicaciones) y auditorías periódicas externas de seguridad.
	Autorización para manejar información clasificada	Habilitación de Seguridad de la Empresa y apertura de un Servicio Local de Protección. Emitida por la Autoridad Delegada para la Seguridad de la Información Clasificada.
	Organización del Titular y Jefes de seguridad: SGPTC/SLPIC (NS/01)	Con Jefe de Seguridad y Suplente con Habilitación Personal de Seguridad Reservado
	Zona de Acceso Restringido-ZAR y Zona Adva de Protección (NS/03)	Zona de Acceso Controlado
Seguridad y Habilitación del personal "que necesita conocer" (NS/02)	Personal con Habilitación de Seguridad Personal de conductores y personal técnico y administrativo de ETSA.	
Procedimientos: Transmisión, custodia, destrucción, etc. de la información (NS/04)	Incluido en PPF	
Centro de comunicación, información y emergencias cumpliendo NS/05	En Zona de acceso controlado. Procedimientos incluidos en PPF. Con protocolo de información integrado con Guardia Civil	

Tabla 2. Fuente: Express Truck SAU.



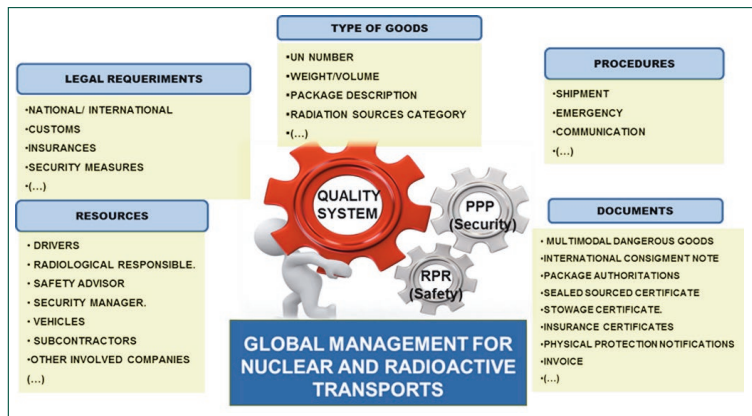


Figura 5: Vehículo dotado con sistemas de protección Física.

- 2) Que originan cambios en el desarrollo documental: es necesario elaborar un plan específico de protección física, así como elaborar procedimientos de comunicación y actuación en caso de amenazas.
- 3) Que afectan al tratamiento de la información: la consideración de clasificar la información de los envíos de estos materiales como información que afecta a la seguridad del estado, requiere que se tomen medidas adicionales para limitar el acceso no controlado a la información.

De forma resumida, la Tabla II, muestra los requisitos aplicables a los transportistas de materiales radiactivos en España y su aplicación directa por Express Truck SAU.

El desarrollo tecnológico actual en barreras antivandálicas y sistemas electrónicos de protección (detección, retardo, alarma y comunicaciones) permiten la implantación de medidas de protección física en los vehículos de los transportistas. (Figura 4).

El tratamiento de la seguridad desde estos dos ámbitos *Safety & Security* requiere que los transportes de este tipo de materiales se gestionen de forma integral, con el objetivo de minimizar los posibles problemas que puedan acontecer durante el transcurso de los mismos.

### GESTIÓN INTEGRAL DE LOS TRANSPORTES RADIATIVOS

Los movimientos de materiales nucleares y radiactivos exigen una estructura y organización determinada, una planificación de los flujos de los materiales, y en general una gestión integral y global. Esto es abordable con garantías solamente por operadores especializados.

Los operadores deben garantizar el cumplimiento de todos los requisitos legales durante el transporte de los materiales. Para ello, deben desarrollar e implementar las medidas necesarias que aseguren que los transportes se efectúan de forma segura.

Es necesario que incluyan en sus sistemas de gestión todos

los aspectos que afectan a la seguridad de los envíos, contemplando todas las fases de los mismos: desde la preparación de los envíos para su transporte hasta la entrega a los destinatarios de las mercancías.

Los aspectos fundamentales (Figura 5) que deben tenerse en cuenta para gestionar de forma integral y global las actividades de transporte de materiales radiactivos son:

Estos aspectos deben incluirse en los planes de protección física y radiológica e integrarlos con los sistemas de gestión aplicables en los operadores de transporte.

Con objeto de garantizar el cumplimiento de los requisitos de transporte, es necesario desarrollar herramientas que permitan a las organizaciones gestionar las operaciones de transporte de forma global. El desarrollo de estas herramientas debe realizarse considerando todos los aspectos que influyen en la seguridad (*Safety & Security*) de los movimientos de estas mercancías.

Algunas de estas herramientas son:

#### 1. Sistema de seguimiento de vehículos y sistema de vigilancia CCTV:

Permiten obtener la posición instantánea real de los vehículos y disponer de imágenes en tiempo real de la mercancía (Imagen 6) durante su transporte o carga/descarga. Disponer de la posición instantánea en equipos portátiles aporta una ayuda importante a los equipos de escolta.

La posibilidad de establecer puntos de control configurables, permite ejercer un control pasivo sobre los movimientos de los vehículos que abandonen los itinerarios definidos. En los casos que esto ocurra, el sistema informará automáticamente a los usuarios predefinidos, mediante un sistema de alarmas.

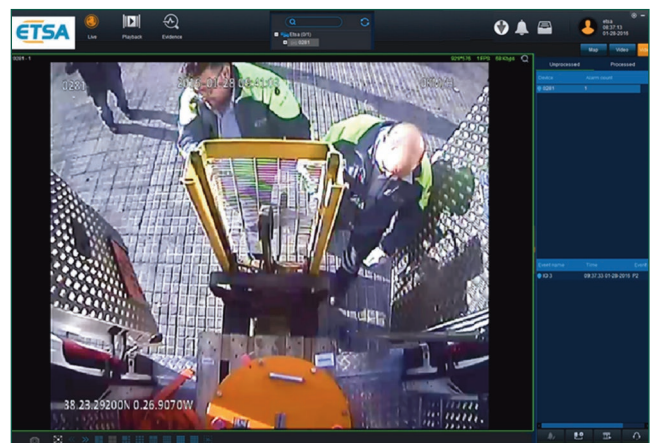


Figura 6: Conexión remota desde centro de control a tareas de descarga.

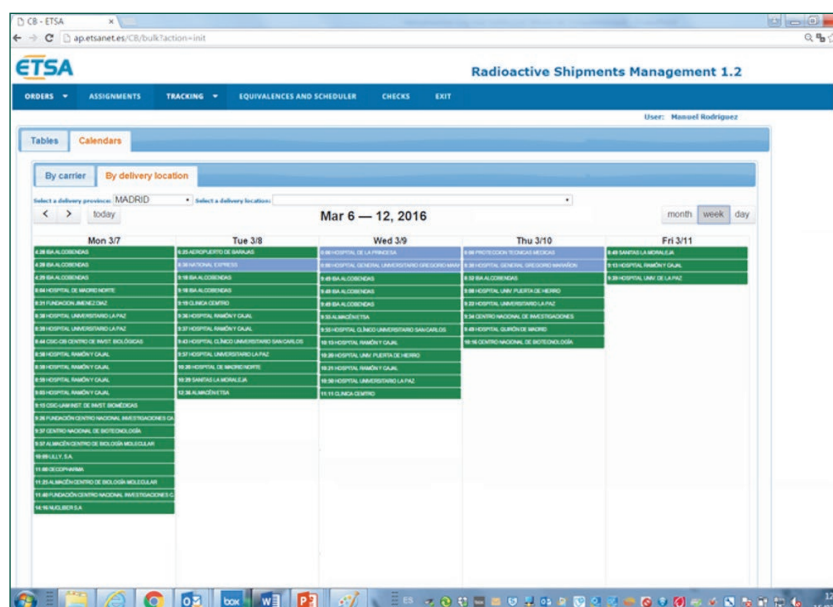


Figura 7. Sistema de seguimiento de envíos para expedidores y destinatarios.

## 2. Plataformas de control de recursos:

Permite ejercer un control pasivo sobre todos los recursos que intervienen en los transportes de estos materiales. Informa del estado de utilización de los mismos. Se asegura que solamente puedan ser utilizados aquellos recursos que cumplen con todos los requisitos definidos en los procedimientos.

Alerta automáticamente de la proximidad de fechas de caducidad de diversos aspectos de los recursos, tales como: caducidad de permisos de conducción, mantenimientos, homologaciones de bultos, etc.

## 3. Sistemas de verificación de requisitos, planificación de expediciones y emisión de documentación:

La adaptación particular de los aspectos de protección por parte de los estados, implica que el número de requisitos a considerar sea difícilmente manejable.

Permite conocer todos los requisitos aplicables a una expedición y verificar el cumplimiento de los mismos. Las herramientas alertan sobre aquellas acciones que deben realizarse antes del inicio de un transporte: notificaciones,

aprobaciones, tránsitos, etc.

Los requisitos a considerar en las expediciones son totalmente configurables y ampliables, permitiendo recoger, además, los requisitos de acceso de expedidores o destinatarios.

La posibilidad de disponer de una información gráfica sobre la utilización de los recursos permite la asignación de los mismos evitando los errores de planificación del personal de tráfico. La emisión de documentación se convierte una labor meramente administrativa. La aplicación está integrada en los sistemas de trazabilidad de envíos, permitiendo realizar una verificación de la actividad permitida por bulto en función de los valores A1/A2.

## 4. Aplicaciones móviles para conductores y plataformas web de trazabilidad de envíos:

Todos los intervinientes de una operación de transporte (expedidores, cargadores, destinatarios, etc.) pueden conocer en tiempo real el estado de los envíos de materiales radiactivos (Imagen 7). Estos sistemas son fundamentales en la gestión de envíos con destino a los servicios de medicina nuclear, en los que se reciben isotopos radiactivos de vida corta o muy corta.

## CONCLUSIONES

1. La ejecución de los transportes de materiales radiactivos requiere un análisis previo de los requisitos aplicables desde dos ámbitos: Safety & Security.
2. Los requisitos deben integrarse en los sistemas de gestión (Calidad, Protección radiológica y protección física) de los operadores de transporte.
3. La utilización de nuevas tecnológicas de información permite a todos los intervinientes de la cadena logística conocer los requisitos aplicables y el estado de las expediciones en tiempo real.

# Formación de las personas que intervienen en los transportes de material radiactivo por carretera

Victoria Aceña y Fernando Zamora  
Consejo de Seguridad Nuclear (CSN)

**RESUMEN:** La formación del personal es uno de los elementos fundamentales para la seguridad en el transporte de material radiactivo. La reglamentación aplicable al transporte de mercancías peligrosas por carretera regula la formación del personal participante en esas actividades; sin embargo no concreta algunos aspectos relacionados con su contenido o la periodicidad de la formación de reciclaje. La publicación de la Instrucción de Seguridad IS-38 del Consejo de Seguridad Nuclear ha tratado de especificar esos aspectos sobre la formación en el transporte de material radiactivo.

**ABSTRACT:** Staff training is one of the fundamental elements for safe transport of radioactive material. The regulations applicable to the transport of dangerous goods by road regulates the training of staff involved in such activities; however no concrete aspects related to their content or frequency of recycling training. Publication of the Safety Instruction SI-38 Nuclear Security Council has tried to specify those aspects on training in the transport of radioactive material.

Palabras clave: Formación, personal, normativa, transporte, seguridad.  
Keywords: Training, staff, regulations, transport, regulations.

## INTRODUCCIÓN

Todas las personas implicadas en el transporte de material radiactivo, ya sean de empresas expedidoras, transportistas o destinatarias, precisan recibir una formación inicial y periódica sobre los requisitos que se aplican al transporte y sobre los riesgos de las radiaciones ionizantes y las medidas de protección.

La formación del personal es uno de los elementos fundamentales para la seguridad en el desarrollo de cualquier actividad que implique riesgo, como es el caso del transporte de material radiactivo.

Este artículo trata de la formación de las personas que intervienen en el transporte de material radiactivo por carretera. Presenta los requisitos reglamentarios que recogen esta formación y finalmente presenta la Instrucción de seguridad (IS-38) desarrollada por el CSN, sobre la formación de las personas que intervienen en el transporte de material radiactivo por carretera, que trata de cubrir todos los aspectos que no están claramente definidos en la reglamentación sobre transporte de mercancías peligrosas.

## LOS REQUISITOS REGLAMENTARIOS SOBRE FORMACIÓN EN EL TRANSPORTE DE MATERIALES RADIATIVOS POR CARRETERA

En España, el transporte de materiales radiactivos por carretera está regulado por el Real Decreto 97/2014, de 14 de febrero, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español, que remite al cumplimiento del Acuerdo europeo sobre el transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (ADR).

Adicionalmente, el Real Decreto 783/2001 Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes (RPSRI) establece las normas de protección de los trabajadores y el público contra los riesgos de esas radiaciones y, por tanto, aplica al transporte de material radiactivo.

El capítulo 1.3 del ADR recoge las disposiciones relativas a la formación de las personas que intervienen en el transporte de mercancías peligrosas, estableciendo que éstas deberán estar formadas por los titulares de la actividad para





La formación del personal es un elemento fundamental en la seguridad de los transportes de material radiactivo.



que respondan a las exigencias de su campo de actividad y de responsabilidad durante el transporte. Este capítulo establece que los trabajadores, según las responsabilidades y funciones que desempeñen, deben recibir una formación inicial, pero no detalla su contenido, sino que simplemente indica que debe ser de la siguiente naturaleza:

1. Sensibilización general: conocimiento sobre las disposiciones generales de la reglamentación de transporte de mercancías peligrosas.
2. Formación específica: formación detallada y adaptada a las tareas y responsabilidades sobre las disposiciones de la reglamentación de transporte de mercancías peligrosas.
3. Formación en materia de seguridad: sobre los riesgos y peligros que presentan las mercancías peligrosas y sobre los procedimientos para su manipulación y actuación ante emergencias.

En el mismo capítulo del ADR se establece que esa formación debe ser completada periódicamente mediante cursos de reciclaje para tener en cuenta los cambios en la

reglamentación, pero tampoco concreta el contenido ni la periodicidad de la formación de reciclado.

Asimismo, se requiere mantener los registros de la formación impartida por el empresario durante el periodo de tiempo que establezca la autoridad competente, pero no se establecen las características de los registros de la formación impartida.

### **Particularidades de la materia radiactiva**

Para la formación concerniente a la materia radiactiva, el capítulo 1.3 del ADR remite de manera específica a su párrafo 1.7.2.5, en el que se indica, de forma general, que los trabajadores deben estar formados en relación con la protección frente a la radiación, incluyendo las precauciones a observar para limitar su exposición ocupacional y la exposición de otras personas que pudieran ser afectadas por las actividades que ellos realicen, lo que a su vez está en línea con lo indicado en el artículo 21 del RPSRI.

Las disposiciones incluidas en el capítulo 1.3 del ADR son de aplicación a la formación de toda persona implicada en la actividad de transporte de mercancías peligrosas en las empresas expedidoras, transportistas, de carga y descarga y destinatarias.

### **Particularidades de la formación de los conductores**

Para la formación de los conductores el ADR remite específicamente a las disposiciones recogidas en el capítulo 8.2, donde se define una formación inicial para optar al certificado de formación emitido por la correspondiente Jefatura Provincial de Tráfico, así como una de reciclaje para la renovación del certificado cada 5 años.

En ese capítulo se detalla cómo deben ser los cursos de formación en contenido y tiempo, así como los exámenes y los certificados de formación del conductor, sin embargo, teniendo en cuenta que para la materia radiactiva el ADR remite de manera específica a su párrafo 1.7.2.5 y considerando lo definido en el RPSRI, en cuanto a la formación periódica que deben recibir las personas con riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes, el CSN consideró que era necesario especificar para los conductores de transportes de material radiactivo una formación periódica o de reciclaje a impartir por las propias empresas a intervalos más cortos que los de la renovación del certificado de formación definido por el ADR, con el objetivo básico de tener en cuenta los cambios en la reglamentación y la experiencia operativa durante ese periodo.

Por otra parte, la disposición especial S12 del capítulo 8.5 del ADR, establece para las materias radiactivas con número de Naciones Unidas UN 2915 y UN 3332 la exención para los conductores de disponer del citado certificado de



formación, siempre y cuando el número total de bultos transportados no sea superior a 10 y la suma de los índices de transporte en el vehículo no sea superior a 3. En este caso, los conductores deben poseer una formación apropiada y correspondiente a su responsabilidad, que debe acreditarse por medio de un certificado expedido por el propio empresario. Sin embargo el ADR no concreta el contenido de esa formación.

### **Acciones particulares adoptadas en relación con la formación de los trabajadores involucrados en el transporte de materiales radiactivos**

De acuerdo con lo expuesto, el CSN consideró que el ADR, en ciertos casos, no detallaba suficientemente para el transporte de material radiactivo el contenido de la formación inicial y de reciclaje del personal involucrado, ni concretaba la periodicidad de esta última, ni el contenido de los registros que deben realizarse de la formación impartida.

Asimismo, durante las inspecciones y el seguimiento de las actividades de transporte de material radiactivo efectuado por el CSN se ha detectado una gran variedad en los programas de formación desarrollados para dar cumplimiento a lo requerido en el capítulo 1.3 del ADR y el artículo 21 del RPSRI, tanto en el contenido como en la periodicidad con la que se imparte la formación de reciclaje, por las distintas instalaciones expedidoras y las empresas de transporte de material radiactivo por carretera, y se consideró que esta variedad de enfoques se debía, precisamente, a la falta de concreción en la normativa de los puntos de la formación antes identificados.

Por tal motivo, el CSN consideró necesaria la publicación de una Instrucción de Seguridad, a fin de concretar en determinados casos el contenido de los programas de formación

inicial y periódica de las empresas españolas involucradas en el transporte de material radiactivo por carretera, así como de los registros de dicha formación, con el fin de mejorar las condiciones de seguridad nuclear y protección radiológica de sus operaciones.

### **INSTRUCCIÓN DE FORMACIÓN (IS-38) DEL CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR**

#### **Características**

La IS-38 del CSN:

- Detalla el contenido mínimo que deben tener los cursos de formación, tanto inicial como de reciclaje, en relación a la formación requerida en los capítulos 1.3 y 1.7.2.5 del ADR y en el artículo 21 del RPSRI.
- Establece la periodicidad mínima para la impartición de los cursos de formación de reciclaje.
- Establece las características de los registros de la formación impartida: datos mínimos que deben recogerse y el periodo mínimo que deben mantenerse estos registros.
- Identifica qué personal debe recibir la formación y qué formación en particular.

La IS-38 trata de armonizar los programas de formación de las distintas entidades implicadas en el transporte de material radiactivo, lo que facilitaría la labor de la inspección y control del CSN.

#### **Ámbito de aplicación**

La IS es de aplicación al personal que desarrolla actividades relacionadas con el transporte de material radiactivo perteneciente a cualquier entidad que actúe en España como expedidor, cargador, descargador, receptor o empresa transportista registrada y que tenga domicilio social en España.

No es de aplicación a la formación de la tripulación del vehículo de transporte regulada en el capítulo 8.2. del ADR, con la salvedad de:

- a. los conductores afectados por la Disposición suplementaria S12 del capítulo 8.5 del ADR, que debe ser acreditada por medio de un certificado expedido por el empresario y
- b. la formación de cualquier conductor en relación con lo definido en el apartado 1.7.2.5 del ADR y el artículo 21 del RPSRI, respecto a la protección contra las radiaciones ionizantes.

#### **Contenido mínimo de los cursos de formación**

La IS-38 desarrolla y concreta el contenido mínimo de los programas de formación inicial y periódica.





En cuanto a la formación inicial se indica que va dirigida a toda persona que por primera vez vaya a realizar actividades relacionadas con el transporte de material radiactivo y se establecen las materias que deben, como mínimo, estar contenidas en estos cursos.

El contenido de esta formación se ha subdividido en apartados de acuerdo a su naturaleza, tal y como lo subdivide el capítulo 1.3 del ADR, es decir: sensibilización general, formación específica y formación en materia de seguridad. Además, se indica que esta formación debe incluir los procedimientos operacionales en vigor en la empresa, que implementen la aplicación de los requisitos reglamentarios.

El contenido de la formación específica se presenta en forma de tabla, recogida en el anexo de la IS, en la que se enfrentan las materias a impartir con el personal al que van dirigidas, de acuerdo a la actividad que desarrollen. De esta manera se visualiza fácilmente qué conocimientos mínimos debe recibir el personal, según su actividad.

En cuanto a la formación periódica, entre el contenido se requiere que se incluya:

- a. un análisis de los problemas, deficiencias o desviaciones que se hayan observado durante ese periodo en el desarrollo de la actividad y las medidas correctoras aplicadas y
- b. un análisis de los sucesos en el transporte de material radiactivo ocurridos, con una exposición de las lecciones aprendidas.

Se considera que esta formación sobre la experiencia operativa es de gran utilidad práctica, ya que transmite las lecciones aprendidas en el desarrollo de las actividades de transporte y puede evitar que se vuelvan a repetir incidencias. Por otra parte, normalmente no requerirá de mucho tiempo para su impartición.

Se establece una periodicidad mínima de 24 meses entre dos cursos consecutivos, lo que va en línea con la frecuencia bienal de revisión de la reglamentación de transporte de mercancías peligrosas.

### **Documentación y archivo**

Se indica dónde debe estar recogido o referenciado el programa de formación, dependiendo de que se trate de una empresa transportista o una instalación expedidora o receptora, y los datos mínimos que deben constar en los registros de la formación impartida por las empresas. Además, se establece un periodo mínimo de 36 meses para la conservación de los mismos.

El periodo mínimo establecido utiliza como referencia el requerido para el mantenimiento de los registros de la

instrucción impartida en las Instrucciones Técnicas para el transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).

### **CONCLUSIONES**

La formación de las personas que intervienen en el transporte de mercancías peligrosas por carretera está regulada en el apartado 1.3 del ADR, pero no detalla su contenido. En el mismo capítulo se indica que debe ser completada periódicamente mediante cursos de reciclaje para tener en cuenta los cambios reglamentarios, pero tampoco concreta ni el contenido ni la periodicidad.

Para la formación de la materia radiactiva en el ADR se remite además al párrafo 1.7.2.5 ADR donde se indica que los trabajadores deben estar formados en relación con la protección frente a la radiación, en línea con el artículo 21 del RPSRI.

Para la formación de los conductores el capítulo 8.2 del ADR, sí detalla su formación para la obtención del certificado de formación de conductores emitido por la Jefatura Provincial de Tráfico (JPT). Sin embargo, el CSN consideró que era necesario especificar para estos conductores una formación periódica o de reciclaje a impartir por las propias empresas a intervalos más cortos que los de la renovación del certificado de formación definido por el ADR, con el objetivo básico de tener en cuenta los cambios en la reglamentación y la experiencia operativa durante ese periodo.

Por otra parte, la disposición S12 del ADR exige a los conductores de materias radiactivas UN2915 y UN3332 del certificado de formación emitido por la JPT si se cumplen ciertas condiciones de la obtención de conductores de la JPT, pero les requiere un certificado de formación emitido por el empresario, sin que se concrete el contenido de esa formación.

En consecuencia, para complementar lo requerido por el ADR, el CSN consideró necesaria la publicación de la Instrucción de Seguridad IS-38, en la que se detalla el contenido mínimo que deben tener los cursos de formación, tanto inicial como de reciclaje, se establece la periodicidad mínima para la impartición de los cursos de formación de reciclaje, se establece las características de los registros de la formación impartida: datos mínimos que deben recogerse y el periodo mínimo que deben mantenerse estos registros y se identifica claramente qué personal debe recibir la formación y qué formación en particular.



<b>ANEXO DE LA IS-38 Formación específica</b>				
<b>Materias</b>	<b>Personal que prepara los bultos (1)</b>	<b>Personal que carga/descarga (2)</b>	<b>Conductores (3)</b>	<b>Personal que recibe los bultos (4)</b>
Conceptos generales sobre los tipos de materiales y bultos	X	X	X	X
Límites de contenido por tipo de bulto	X			X
Números UN y descripción de la materia	X	X	X	X
Marcado de bultos	X	X	X	X
Niveles máximos de radiación y contaminación en bultos y vehículos y medida de los mismos	X		X	X
Concepto y determinación de Índice de transporte y de Índice de Seguridad contra la criticidad	X		X	X
Categoría de los bultos y etiquetado	X	X	X	X
Requisitos antes del envío, autorizaciones y notificaciones	X			
Documentación de transporte	X		X	X
Estiba en el vehículo		X	X	
Almacenamiento en tránsito			X	
Límites de contenido por vehículo		X	X	
Requisitos de vehículos y de su equipamiento			X	
Señalización de vehículos			X	
Segregación de bultos respecto a personas y otras mercancías peligrosas	X	X	X	X
Vigilancia de vehículos			X	
Restricciones en túneles	X		X	
Disposiciones relativas a la protección física (Capítulo 1.10 del ADR)	X	X	X	X

(1) Este personal incluye: al que prepara la documentación de transporte, configura el bulto, determina el IT y señala y etiqueta el bulto

(2) Personal que lleva a cabo operaciones de carga y descarga de bultos en vehículos y contenedores.

(3) Conductores de vehículos que por los transportes que realizan no requieren de la obtención del certificado de formación ADR.

(4) Personal que realiza las comprobaciones sobre los bultos a su recepción y que realiza su apertura.



# Aspectos normativos de la fabricación de embalajes para el transporte de material radiactivo

Manuel García Leiva y Fernando Zamora Martín  
Consejo de Seguridad Nuclear (CSN)

**RESUMEN:** Con la publicación del RD 97/14 [1] se derogó la normativa que regulaba la homologación y el control de fabricación de los embalajes utilizados para el transporte de mercancías peligrosas, integrando en su texto parte de sus disposiciones sin detallar, para el caso de los transportes de material radiactivo, el procedimiento para la realización del control de la producción con el tipo de embalaje aprobado. La publicación de la IS-39 del Consejo de Seguridad Nuclear detalla el procedimiento de control y seguimiento de la fabricación de todos los embalajes fabricados en España destinados al transporte de material radiactivo y el alcance de los controles a realizar, ampliando el alcance de manera graduada a los embalajes que no necesitan aprobación. Establece, así mismo, la información mínima que deberá incluirse en la documentación de cumplimiento de un diseño de bulto no sujeto a aprobación de diseño ya sean fabricados en España u otro país.

**ABSTRACT:** With the publication of the RD 97/14 [1] was repealed the regulations governing the approval and control of manufacture of the packaging used for the transport of dangerous goods, integrating into its text part of its provisions without detailing, in the case of the transport of radioactive material, the procedure for the implementation the production control of packaging approved. The publication of the SI-39 of the Nuclear Safety Council details the procedure for control and follow-up of the manufacturing of all packagings manufactured in Spain designed for the transport of radioactive material and the scope of the controls to perform, expanding the scope of a graduated to the packages that did not require approval. Sets, as well, the minimum information to be included in the compliance documentation of a package design is not subject to the design approval they are already manufactured in Spain or another country.

Palabras clave: Embalaje, bulto, transporte, control, fabricación, normativa.

Keywords: Packaging, package, transport, control, manufacture, regulations.

## LA SEGURIDAD EN EL TRANSPORTE DE MATERIAL RADIATIVO: BULTO DE MATERIAL RADIATIVO

El bulto (que incluye el material radiactivo acondicionado en un embalaje ya preparado para su transporte) debe garantizar que el material transportado no se dispersará (capacidad de contención); que la radiación emitida por los mismos esté por debajo de los límites reglamentados (capacidad de blindaje); que no se produzca una reacción en cadena cuando se transporten sustancias fisionables (control de la criticidad); y que no se produzcan daños derivados del calor generado por los bultos si fuera el caso (capacidad de extracción de calor).

Para conseguir estos objetivos se establecen requisitos concretos, centrados en la limitación de la naturaleza y actividad del material radiactivo que puede ser transportado en un bulto de un diseño dado; en el establecimiento de criterios específicos del diseño de cada tipo de bulto; en la Información de los riesgos, proporcionada por etiquetas, marcas, rótulos y documentos de la expedición; y en la aplicación de reglas simples de manipulación y estiba de los bultos durante el transporte y almacenamiento en tránsito.

Las actividades relacionadas con el transporte no se circunscriben únicamente al traslado del bulto de un lugar a

otro, sino que abarcan desde el diseño, fabricación, mantenimiento y manipulación de los embalajes, a la caracterización del contenido y a la documentación, preparación y ejecución de la expedición y a los almacenamientos en tránsito y la recepción en destino.

El objetivo de este artículo es centrarnos en uno de esos aspectos: la fabricación de los embalajes, ya que si esa fabricación no es correcta y el elemento fabricado no se ajusta al diseño del bulto, se puede estar impactando gravemente sobre la seguridad de la operación de transporte.

A medida que aumenta el riesgo en el material que se transporta, el embalaje del que se dota al material debe preservar el contenido de las agresiones a las que probablemente estará expuesto. Esto lleva al concepto de enfoque graduado para los requisitos del embalaje. Cuanto más peligroso es el material radiactivo a transportar, más resistente debe ser el embalaje. Así, la medida de la resistencia del bulto se obtiene por su habilidad para resistir diferentes condiciones de transporte (rutinarias, normales, o de accidente).

Hay cinco tipos básicos de bultos para contener material radiactivo: bultos Exceptuados, bultos Industriales (estos se subdividen en tres: BI-1, 2, y 3), bultos tipo A, bultos tipo B (estos se subdividen en dos: B(U) o B(M)) y bultos tipo C. Algunos de estos tipos básicos deberán cumplir requisitos

específicos adicionales por las características del material transportado (si fueran sustancias fisionables o hexafluoruro de uranio).

De acuerdo a las reglamentaciones de transporte de mercancías peligrosas vigentes, se requiere de aprobación de diseño para los bultos tipo B(U), tipo B(M) y tipo C; bultos para el transporte de sustancias fisionables y bultos que contengan más de 0,1 kg de hexafluoruro de uranio. Para su aprobación, este tipo de bultos dispone de una documentación técnica específica, reunida generalmente en un único documento, denominado Estudio de Seguridad [2]).

Por otra parte, para los bultos no sujetos a aprobación, la normativa solo exige que el expedidor disponga, a disposición de la autoridad competente, de una documentación que justifique el cumplimiento del bulto con la reglamentación de transporte: "documentación de cumplimiento".

Por lo tanto, a la hora de garantizar la seguridad en el transporte del material radiactivo, es importante avalar que la fabricación del embalaje se ha hecho de acuerdo con los requisitos de diseño establecidos bien en el Estudio de Seguridad de los bultos sujetos a aprobación o en la documentación de cumplimiento de los bultos no sujetos a esa aprobación.

### **NORMATIVA APLICABLE A LA FABRICACIÓN DE EMBALAJES**

De acuerdo con el artículo 77 del Real Decreto 1836/1999 [3], que publicó el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas (RINR), la aprobación del diseño de un bulto radiactivo, requerida por la reglamentación de transporte de mercancías peligrosas, es competencia de la Dirección General de Política Energética y Minas (DGPEM) del Ministerio de Industria, Energía y Turismo (MIET) con el informe preceptivo del CSN. Por otra parte, la Orden Ministerial del 17 de marzo de 1986 [4], daba también ciertas competencias en ese proceso, así como en el de conformidad de la producción en la fabricación de los embalajes, a la Dirección General de Industria del mismo Ministerio.

En el 2014, el Real Decreto RD 97/2014 [1] de 14 de febrero, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español, deroga la citada Orden ministerial, integrando en su texto parte de sus disposiciones, entre ellas las relativas a los procesos de homologación (aprobación) y control de fabricación de los embalajes.

Un cambio muy importante respecto al marco regulador anterior es que el RD 97/2014 hace recaer de manera exclusiva la competencia de la aprobación de los bultos de material radiactivo en la DGPEM con el informe preceptivo del CSN, dejando el control sobre la fabricación de sus embalajes sujetos a aprobación en ese mismo ámbito de

competencias. El RD 97/2014 establece también que la conformidad de la producción en la fabricación de los embalajes de los bultos radiactivos se efectuará de acuerdo con lo establecido por la DGPEM en la aprobación de diseño, pero no detalla el procedimiento para realizarla. No obstante, el RD 97/2014 sí establece, como para los embalajes del resto de las mercancías peligrosas, que las comprobaciones en ese proceso deben ser realizadas por Organismos de Control (OC) legalmente establecidos.

Al objeto de detallar el procedimiento para realizar la conformidad de la producción de los embalajes para material radiactivo, se publicó en el BOE de 6 de julio de 2015 la Instrucción de Seguridad nº 39 (IS-39) del CSN [5].

### **SISTEMA DE CONTROL DE FABRICACIÓN DE EMBALAJES PARA MATERIAL RADIATIVO. IS-39 DEL CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR**

El embalaje dentro del diseño del bulto es fundamental para garantizar la seguridad del transporte de material radiactivo, por lo que el control sobre su fabricación nos permite garantizar que los embalajes se fabriquen de acuerdo con el diseño original (conformidad de la producción), de manera que pueda seguir siendo válido el análisis del cumplimiento con los requisitos de la normativa de transporte de dicho diseño.

La IS-39 define cómo realizar la conformidad de producción tanto en embalajes para bultos sujetos a aprobación de diseño como para aquellos que no la precisan que se fabriquen en España, quién debe realizarla, cada cuanto tiempo se ha de llevar a cabo y los documentos y registros que se han de generar en el proceso.

Con la IS-39 se pretende:

1. Detallar un procedimiento de control y seguimiento de la fabricación de todos los embalajes destinados al transporte de material radiactivo, ponderado en función de los riesgos de los diferentes tipos de bulto:
  - a. Para el caso de los bultos sujetos a aprobación (artículo 3º), el control de fabricación de los embalajes se llevaría a cabo por un OC, tomando como referencia los documentos base de la aprobación de diseño del bulto y su certificado de aprobación, en línea con lo requerido para los embalajes de otras mercancía peligrosas por el RD 97/2014.
  - b. Para el caso de bultos no sujetos a aprobación (artículo 4º), el control de la fabricación de los embalajes puede verificarse directamente por parte de su comprador, si bien también puede utilizar un OC para dicho control. Para el control se tomará como referencia la documentación de cumplimiento del diseño del bulto.
2. Indicar el alcance de las comprobaciones de la conformidad de la producción de embalajes que se lleven a cabo





ya sea por el OC o, en su caso, por el comprador del embalaje (artículo 6°).

3. Indicar la información mínima que deberá incluirse en la documentación de cumplimiento de un diseño de bulto no sujeto a aprobación de diseño (artículo 5°).

### ¿CÓMO REALIZAR LA CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN EN LA FABRICACIÓN?

La IS-39 establece, en su artículo 6°, el tipo de comprobaciones que debe incluir el proceso de la conformidad de la producción: a través de la realización de una auditoría del fabricante del embalaje y la realización un control de la producción.

La auditoría del fabricante pretende evaluar si la empresa que fabrica los embalajes es capaz de afrontar los retos que pueden aparecer durante la fabricación para garantizar que el producto final, el embalaje, cumple los requisitos especificados en el diseño del mismo: Capacidad operativa (instalaciones, medios, sistema de aprovisionamiento de materiales y servicios, etc...), gestión de calidad (personal, formación, mantenimiento y calibración, proceso productivo, subcontratación, etc.), seguridad (procedimientos de trabajo seguro, etc...), y gestión comercial (tratamiento de reclamaciones, garantía, posibles retrasos, capacidad técnica, etc...).

Por otra parte, la realización de un control de la producción pretende hacer comprobaciones sobre la producción real de los embalajes fabricados. Su alcance comprendería:

- La inspección de los medios de producción y de los materiales a utilizar en la fabricación (chequeos sobre los materiales, la formación del personal, los procedimientos específicos de fabricación, etc.).
- Comprobaciones documentales y verificaciones físicas de que los embalajes en fabricación o fabricados son acordes con el prototipo aprobado o el descrito en la documentación de cumplimiento, verificación de los controles realizados sobre los materiales y la calibración de los aparatos o instrumentos utilizados.
- La revisión y análisis de los resultados obtenidos en las inspecciones, pruebas y ensayos a los que se haya sometido a los embalajes.

### ¿CUÁL ES LA PERIODICIDAD PARA REALIZAR LA CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN?

La IS-39 especifica los plazos de validez de las conformidades de la producción. Así, en el caso de embalajes cuya fabricación se lleve a cabo de manera continuada, la conformidad de la producción debe efectuarse al menos cada dos años, exactamente el mismo plazo definido por el RD 97/2014 para los embalajes de cualquier otra mercancía peligrosa. Por otra parte, si la fabricación se llevara a cabo

intermitentemente o de forma puntual, seguirá siendo válida la conformidad de la producción si ésta se ha realizado dentro de los dos años anteriores al inicio de la fabricación.

### ¿QUIÉN HA DE REALIZAR LA CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN?

Siguiendo lo ya establecido en el RD 97/2014, en el caso de bultos que requieren aprobación de diseño (tipo B, C, fisio-nables o UF6), la certificación de conformidad de la producción deben ser realizada por un OC legalmente establecido.

El control de conformidad y el uso de un OC para realizarla va asociado en el RD 97/2014 exclusivamente a embalajes sujetos a homologación o aprobación de diseño, no a los que no precisan de esa aprobación, como es el caso de algunos tipos de bultos utilizados para el transporte de material radiactivo. Por tal motivo, para estos bultos la IS-39 concreta el procedimiento a seguir. En este caso, considerando el enfoque graduado de requisitos en función del riesgo, la instrucción pondera el procedimiento para conformidad de la producción y establece que no es imprescindible que estos controles los realice un OC, si la propia empresa que compra el embalaje lleva a cabo las verificaciones sobre el proceso de producción de los fabricantes.

Para estas actividades, ya sean realizadas por un OC o por la empresa compradora, es necesario que se disponga de documentación de diseño del bulto, que permita realizar las acciones de control de la producción: Estudio de Seguridad

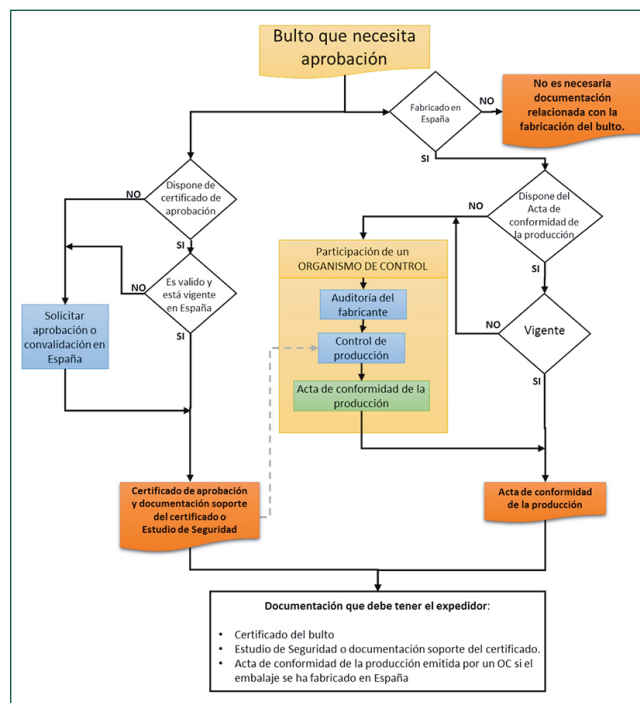


Figura 1: Bultos sujetos a aprobación.

(bultos sujetos a aprobación de diseño) o documentación de cumplimiento (bultos no sujetos a aprobación). Esto se detallará en el apartado cuarto.

**¿QUÉ DOCUMENTACIÓN DEBE GENERARSE TRAS LA CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN?**

El resultado final de estos controles dependerá de quién los lleva a cabo. En el caso de que sea un OC el encargado de llevar a cabo el control de fabricación, la IS-39 establece que la conformidad de la producción deberá ser aseverada por el OC mediante la emisión de un acta de conformidad de la producción que se ajustará al modelo incluido en el Apéndice E-5 del Anejo 7 del RD 97/2014, exactamente igual al procedimiento definido para la fabricación de embalajes de bultos sujetos a aprobación de diseño.

Para el caso de producción de embalajes para el transporte de material radiactivo que precisan de aprobación de diseño de bulto, el OC remitirá una copia del acta de conformidad de la producción al fabricante del embalaje y a la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, que enviará una copia al CSN.

En el caso de los embalajes para bultos no sujetos a aprobación de diseño, si la conformidad de la producción la realiza un OC, entregará el acta de conformidad de la producción al comprador de los embalajes y este al expedidor del bulto, si ambos no fueran la misma entidad. Si fuera el propio comprador quien realizara la conformidad de la producción, las acciones realizadas y sus resultados quedarán documentadas y controladas de acuerdo con un procedimiento establecido para este objetivo.

**DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA PARA LA REALIZACIÓN DE LA CONFORMIDAD DE LA PRODUCCIÓN**

El objetivo fundamental de la conformidad de la producción es comprobar que los embalajes fabricados se ajustan plenamente al diseño. Por tanto, la referencia básica en ese proceso será el Estudio de Seguridad y el correspondiente certificado de aprobación para los bultos sujetos a aprobación de diseño y la documentación de cumplimiento para los no sujetos a esa aprobación.

Para este último caso, el ADR (apartado 5.1.5.2.3) y el resto de normativa sobre transporte de mercancías peligrosas consideran suficiente con que el expedidor mantenga a disposición de la autoridad competente la documentación que justifique que el diseño del bulto cumple los requisitos reglamentarios: documentación de cumplimiento. Sin embargo, la reglamentación no concreta cómo debe ser el contenido de esa documentación y, en consecuencia, no existe una referencia clara para un posible control posterior de la fabricación de los embalajes.

Los procesos de control e inspección del CSN detectaron una gran confusión sobre este asunto, ya que los expedidores no tenían claro qué documentación debían generar para dar cumplimiento a la disposición antes citada. Por tal motivo, en la IS-39 se aborda esta problemática y se indican los aspectos que hay que tener en cuenta en el desarrollo de esta documentación, definiendo su estructura genérica (Ver Tabla 1).

En el artículo 5º de la IS-39 se define la estructura de la documentación de cumplimiento de un bulto no sujeto a aprobación de diseño, que deberá contener la información necesaria para realizar un análisis del diseño del bulto desde el punto de vista de la seguridad nuclear y la protección radiológica, que justifique el cumplimiento de cada uno de los requisitos aplicables de la normativa de transporte.

La estructura mínima de la documentación de cumplimiento de los bultos no sujetos a aprobación de diseño se basa en la guía técnica Package Design Safety Reports for the transport of radioactive material, issue 3, December 2014, elaborada por la Asociación de autoridades competentes europeas en el transporte de material radiactivo (EACA), a la cual pertenece el CSN.

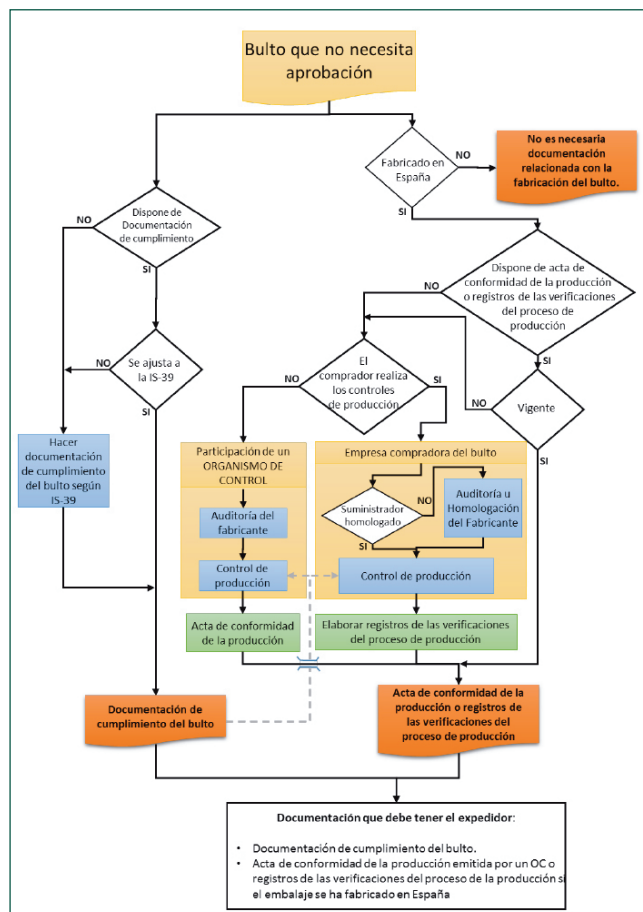


Figura 2: Bultos no sujetos a aprobación.



<b>Estructura de la documentación de cumplimiento de los bultos no sujetos a aprobación</b>
a) Información administrativa básica
b) Especificaciones del contenido permitido
c) Especificaciones del embalaje (incluyendo planos)
d) Características del funcionamiento del bulto
e) Listado de las disposiciones de la normativa de transporte de mercancías peligrosas que cumple el diseño del bulto
f) Requisitos para la operación del bulto
g) Requisitos para el mantenimiento y verificaciones periódicas del bulto
h) Sistema de gestión, que incluya el programa de garantía de calidad aplicado para asegurar el cumplimiento de la normativa
i) Ilustración básica del bulto
j) Análisis técnicos para respaldar la demostración de los requisitos de la normativa, según proceda <ul style="list-style-type: none"><li>i) Análisis estructural</li><li>ii) Análisis térmico</li><li>iii) Análisis del diseño de la contención</li><li>iv) Análisis de las tasas de dosis externas</li></ul>

Tabla 1

El CSN tiene en elaboración una Guía de Seguridad para concretar aún más el contenido de la documentación de cumplimiento y en ella previsiblemente se recomendará la utilización de la guía técnica de la EACA. Por el momento, el CSN recomienda en su página web ([www.csn.es](http://www.csn.es)) el uso de esa guía para la elaboración de esa documentación.

Por último, destacar que la IS-39 define, en su disposición transitoria, un plazo de un año para que los expedidores dispongan de una documentación de cumplimiento, adaptada a lo definido en su artículo 5º, para los bultos no sujetos a aprobación que hubieran adquirido antes de la entrada en vigor de la instrucción. Para todos los bultos que se hayan adquirido tras su publicación, los expedidores ya deberán disponer de la documentación de cumplimiento ajustada al contenido definido en el artículo 5º de la IS-39.

Por tanto, a partir del 6 de julio de 2016, todos los bultos no sujetos a aprobación de diseño que se expidan en España deberán tener una documentación de cumplimiento ajustada a lo requerido por la IS-39, que deberán tener los expedidores a disposición de la inspección del Consejo de Seguridad Nuclear.

## CONCLUSIONES

La seguridad en el transporte se garantiza por el diseño del bulto. El embalaje es una parte fundamental para el correcto funcionamiento del bulto y el control de su fabricación asegura que respondan al diseño original.

El RD 97/14 clarifica el proceso de aprobación de los diseños de bultos radiactivos y establece nuevas pautas para

la conformidad de la producción en la fabricación de sus embalajes, aunque no concreta el procedimiento a seguir en ese control. La instrucción IS-39 del CSN detalla ese procedimiento para todos los embalajes destinados al transporte de material radiactivo fabricados en España.

El alcance de las comprobaciones de la conformidad de la producción de los embalajes se concreta en el artículo 6º de la IS-39. Los requisitos de este proceso se ponderan en función de los riesgos de los diferentes tipos de bulto. Así, la conformidad de la producción de los embalajes de bultos sujetos a aprobación ha de realizarla un OC, mientras que si el bulto no está sujeto a aprobación puede ser realizada por el comprador de los embalajes, salvo que quiera utilizar un OC.

La documentación de referencia para la realización de la conformidad de la producción son los documentos base de aprobación de diseño del bulto: Estudio de Seguridad y certificado de aprobación (artículo 3º) o la documentación de cumplimiento del bulto, en caso de que el bulto no esté sujeto a aprobación (artículo 4º).

El expedidor de bultos radiactivos, previamente a la utilización de un bulto deberá disponer de la siguiente documentación:

- Bultos que necesitan aprobación: Certificado de aprobación del diseño, revisión del Estudio de Seguridad referenciado en el certificado de aprobación y, si el embalaje se ha fabricado en España, el acta de conformidad con la producción emitido por un OC (Ver Figura 1).
- Bultos que no necesitan aprobación: Documentación de Cumplimiento y, si el bulto se ha fabricado en España, el acta de conformidad de la producción del embalaje emitida por un OC o documentos emitidos por el comprador del embalaje que acrediten las acciones realizadas en relación con el control de fabricación y sus resultados (Ver Figura 2).

## REFERENCIAS

- [1] Real Decreto 97/2014, Real Decreto 97/2014, de 14 de febrero, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español, publicado en el BOE nº 50 de fecha 27 de febrero de 2014
- [2] GS-6.04 Documentación para solicitar autorizaciones en el transporte de material radiactivo: aprobaciones de bultos y autorización de expediciones de transporte", Colección Guías de Seguridad del CSN, de fecha 5 de abril de 2006
- [3] Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas, BOE nº 313 de fecha 31 de diciembre de 1999
- [4] Orden del 17 de marzo de 1986 por la que se dictan normas para la homologación de envases y embalajes destinados al transporte de mercancías peligrosas, BOE nº 77 de fecha 31 de marzo de 1986.
- [5] Instrucción IS-39, de 10 de junio de 2015, del Consejo de Seguridad Nuclear, en relación con el control y seguimiento de la fabricación de embalajes para el transporte de material radiactivo, BOE nº 160 de fecha 6 de julio de 2015.



# RESPONSABILIDADES EN CASO DE ACCIDENTE EN EL TRANSPORTE DE MATERIAL RADIACTIVO

**T. Ortiz Ramis.** Unidad Técnica de Protección Radiológica, Empresa Nacional de Residuos Radiactivos

**RESUMEN:** En esta nota se revisan las diferentes normas y guías aplicables al transporte de material radiactivo y en especial las responsabilidades asignadas a los diferentes agentes implicados en el mismo (expedidor, transportista y receptor) en caso de accidente durante el transporte.

**ABSTRACT:** This note reviews different standards and guidelines applicable to the transport of radioactive material and in particular responsibilities assigned to the different agents involved therein (consignor, carrier and receiver) in case of accident during transport.

Palabras clave: material radiactivo, transporte, accidentes, responsabilidades.  
Keywords: radioactive material, transport, accidents, responsibilities.

## INTRODUCCIÓN

La utilización de materiales radiactivos forma parte de la vida diaria. Estos materiales se usan en el campo de la medicina, de la industria, de la investigación, así como en la generación de energía eléctrica, sin olvidar su aplicación en diversos productos de consumo, con los que convivimos diariamente. Según el Consejo de Seguridad Nuclear [1] se estima que anualmente se llevan a cabo en España miles de transporte la mayoría de ellos corresponden al transporte de bultos exceptuados y de Tipo a de las instalaciones radiactivas médicas, industriales y de investigación. La actividad de estos envíos varía ampliamente entre cantidades despreciables (productos de consumo) y grandes actividades (combustible irradiado).

Con objeto de garantizar la seguridad del público y del medioambiente durante estos transportes se han desarrollado reglamentaciones nacionales e internacionales, así como guías de actuación que pretenden hacer al transporte seguro en sí mismo de modo que, en el caso de que se produzca un accidente, la dispersión del material radiactivo sea mínima, como son el Reglamento del Organismo Internacional de Energía Atómica [2] y el Acuerdo Europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (ADR) [3].

Hasta el momento no existen en la bibliografía referencias a accidentes de transporte de material radiactivo que hayan producido consecuencias radiológicas importantes. Asimismo según los datos publicados por la Dirección Ge-

neral de Protección Civil [4] el número de accidentes de mercancías peligrosas clase 7, que corresponde al material radiactivo, es muy pequeño (0,12 %) (Figura 1). También en los informes anuales del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) al Congreso se puede ver que el número de accidentes con material radiactivo por año es muy pequeño (15 accidentes de tráfico en el período 2007-2014).

Aunque esto sea así, no puede excluirse que se produzca un accidente, por lo que deben existir planes o instrucciones de actuación para hacer frente a los mismos. Estos planes no tienen por qué ser diferentes a los que se establecen para hacer frente a los accidentes que involucran otras mercancías peligrosas [5], tales como productos inflamables, explosivos o tóxicos que se transportan diariamente, aunque se debe tener en cuenta, además, que en el caso de estos otros productos el riesgo es, en general, más inmediato y que muchos de ellos, presentan riesgos para la salud y seguridad del público mucho mayores que los materiales radiactivos.

## REQUISITOS DEL ADR

En el ADR se establecen diversos requisitos para el transportista y el expedidor relacionados con la actuación en caso de accidente como se describe a continuación.

### a) Transportista

El transportista debe proporcionar, dentro de la documentación del transporte (apartado 5.4.3 del ADR), a la tripulación antes de la salida las instrucciones escritas con el modelo indicado en el propio ADR y en el idioma adecuado

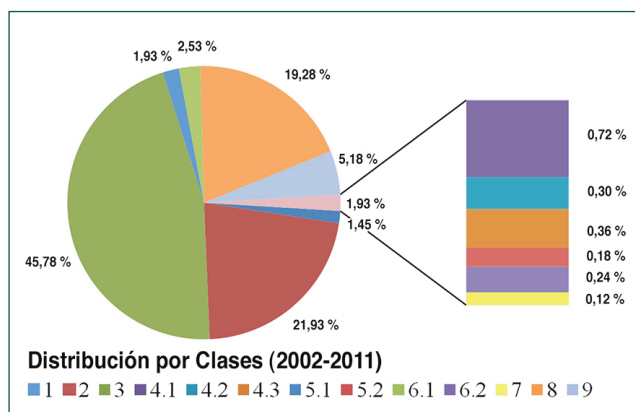


Figura 1. Distribución de accidentes con mercancías peligrosas en el período 2002-2011.

de modo que cada miembro de la tripulación lo pueda leer y comprender. El transportista se asegurará de que cada miembro de la tripulación del vehículo afectado comprenda las instrucciones y sea capaz de aplicarlas correctamente. Estas instrucciones se llevarán, al alcance de la mano, en la cabina del vehículo.

Antes de que comience el viaje, los miembros de la tripulación del vehículo deberán informarse sobre las mercancías peligrosas cargadas y consultar las instrucciones escritas sobre las acciones que se han de tomar en caso de accidente o emergencia.

El modelo incluido en el ADR es muy general y las indicaciones adicionales para los miembros de la tripulación del vehículo sobre las características de peligro de las mercancías peligrosas por clase y sobre las acciones a realizar en función de las circunstancias predominantes son muy escasas (Figura 2). Por este motivo para la clase 7 se requieren disposiciones adicionales (punto 5.4.1.2.5.2).

El transportista también es responsable de que el vehículo disponga del equipamiento de protección general e individual para ser utilizado cuando se tengan que tomar medidas de urgencia generales o que comporten riesgos

particulares (sección 8.1.5 del ADR). En el ADR se establece cuál debe ser este equipamiento, si bien no se incluye ningún equipo específico para la clase 7.

### b) Expedidor

Para el caso de la clase 7 el ADR establece que el expedidor deberá unir a las cartas de porte una declaración relativa a las medidas que el transportista tenga que tomar, en su caso. La declaración deberá redactarse en los idiomas considerados necesarios por el transportista o por las autoridades afectadas. La información que se debe incluir se indica en el punto del 5.4.1.2.5.2 ADR y entre otras informaciones están las disposiciones a tomar en caso de emergencia en función de la naturaleza del envío

### c) Destinatario

En el ADR no se asigna ninguna responsabilidad al destinatario relacionada con la actuación en caso de accidente. Solo en el caso de la clase 7 se le asignan actuaciones en el caso de no conformidad con los límites del ADR que son aplicables a la intensidad de la radiación o a la contaminación, si está se descubre en la recepción del transporte.

## REQUISITOS DE LA DIRECTRIZ BÁSICA

En la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el riesgo de accidentes en los transportes de mercancías peligrosas por carretera y ferrocarril [5], en el artículo 4 se establece la colaboración de expedidores y transportistas en caso de emergencia por accidente en el transporte de mercancías peligrosas como se describe a continuación.

### a) Expedidores

Los expedidores deben proporcionar información a la dirección de la emergencia sobre la naturaleza, características y modo de manipulación de la mercancía para poder valorar los riesgos a las personas, bienes y medio ambiente y para adoptar las medidas para prevenir o minimizar los riesgos.

Etiquetas y paneles de peligro	Características de peligro	Indicaciones suplementarias
<p>Materias radiactivas</p>	Riesgo de incorporación y radiación externa	Limitar el tiempo de exposición

Figura 2. Distribución de accidentes con mercancías peligrosas en el período 2002-2011.

Asimismo deberá enviar a un representante al lugar del accidente a requerimiento de la dirección de la emergencia.

### **b) Transportista**

El transportista debe facilitar, a requerimiento de la dirección de la emergencia, los medios materiales y el personal necesarios para recuperar, trasvasar, custodiar y trasladar los materiales involucrados en el accidente.

Tanto los expedidores como los transportistas deben colaborar en la descontaminación del área afectada y en la retirada de los materiales contaminados y su traslado a un lugar seguro para su acondicionamiento como residuo.

### **c) Conductor**

En caso de accidente el conductor, si está en condiciones de intervenir, debe informar al Centro de Coordinación Operativa (CECOP) designado en el Plan de la comunidad Autónoma o al gobierno Civil de la Provincia, de manera inmediata y por el medio más rápido. La directriz define los datos que hay que transmitir y establece el formato que debe usarse. Los teléfonos a los que se debe informar se encuentran en la referencia [6].

El desarrollo de esta Directriz se basa en los Planes de las comunidades autónomas donde se establecen la organización y los procedimientos de actuación en caso de accidente en el transporte de mercancías peligrosas. En la actualidad hay aprobados 16 planes [7]. El contenido de estos planes es bastante dispar en lo que se refiere a la participación del expedidor, el transportista y el receptor. Por ejemplo, en el de Cataluña (1999) se hace referencia a la directriz Básica en la obligación de colaboración del expedidor y del transportista y sobre la notificación de accidentes, en el tema radiactivo menciona al Servicio de Coordinación de Actividades Radiactivas (SCAR) y al CSN. En el del País Vasco (2001) en el tema radiactivo se describen los tipos de transportes que se pueden realizar y se incluye al expedidor, el transportista y el receptor en los grupos de intervención. En el de Andalucía (2004) no se cita de forma específica el tema radiactivo, no se cita al expedidor y se incluye al transportista que forma parte del comité asesor a nivel provincial y el expedidor o el receptor forma parte del grupo técnico de seguimiento.

En alguna situación real se ha solicitado a alguna instalación radiactiva que custodiara el material del accidente hasta su gestión definitiva.

### **REQUISITOS DE LA INSTRUCCIÓN IS-34 DEL CSN**

En la instrucción del CSN IS-34 [8] se hace referencia a la disponibilidad de personas y medios en emergencias, según esta Guía el transportista tiene que incluir en el Progra-

ma de Protección Radiológica la disponibilidad de personal y medios para prestar ayuda a las autoridades competentes en caso de incidente durante el transporte. Estas capacidades deben mantenerse siempre que esté teniendo lugar el traslado de material radiactivo a los receptores finales o usuarios. Las personas y los medios deberán estar descritos y actualizados en el procedimiento de actuación ante emergencias de la empresa, que debe recogerse o referenciarse en su Programa de Protección Radiológica. La información sobre las personas responsables y teléfonos de contacto deberá notificarse a la Sala de Emergencias (SALEM) del Consejo de Seguridad Nuclear, para su pronta localización en caso de que se produzca algún incidente. Esta información deberá mantenerse permanentemente actualizada, notificando a la SALEM los cambios que se produzcan.

En esta instrucción la única referencia al expedidor es que se requiere la colaboración de expedidores y transportistas en caso de emergencia por accidente en el transporte de mercancías peligrosas con las autoridades competentes en cada caso. No hay ninguna referencia al destinatario.

### **REQUISITOS DE LAS GUÍAS DE SEGURIDAD DEL CSN**

#### **a) Guía 6.2**

En la guía 6.2 del CSN [9] se incluye un apartado (3.5) sobre la respuesta en emergencia. En esta guía se indica que el expedidor, el transportista y, si es el caso, el receptor o destinatario, deben disponer de un plan de actuación ante una emergencia, cuyo fin sea prevenir o disminuir los riesgos derivados de un posible incidente o accidente en el transporte, que debe incluirse en el Programa de Protección Radiológica (PPR) o en cualquier otro documento de licencia, en el caso de instalaciones radiactivas o nucleares (Manual de Protección Radiológica, Reglamento de funcionamiento o Plan de emergencia). El plan de actuación hará hincapié en las responsabilidades de la empresa a la que aplique, según sea del expedidor, del transportista o del receptor, pero sin olvidar la relación entre ellos y con otros organismos, servicios de intervención y autoridades que pudieran verse implicadas por la situación de la emergencia. La extensión o detalle del plan será, pues, distinta, según se trate de uno u otro.

En la guía se indica que el expedidor es el responsable de confeccionar las disposiciones de emergencia aplicables a una expedición concreta, que han de ser entregadas al transportista, como indica el ADR. En el caso del transportista el plan debe incluir medidas generales de actuación y de protección radiológica para estas situaciones. Será fundamental en el caso del transportista que el plan recoja la actuación y comunicación ante una emergencia con el



expedidor o, en su caso, el receptor, y con las autoridades competentes y, por tanto, deberá incluir el procedimiento de comunicación con aquellos. En un apéndice de la guía se desarrolla con más detalle el contenido del apartado sobre emergencias del PPR.

### b) Guía 6.3

La Guía 6.3 del CSN [10] ayuda a los expedidores a elaborar las disposiciones a tomar en caso de emergencia en el transporte de material radiactivo y se dan modelos para la redacción de estas disposiciones para los bultos industriales, tipo A y tipo B(U).

### CONCLUSIONES

- Las principales responsabilidades para la actuación en caso de accidente en el transporte de material radiactivo se asignan al expedidor y al transportista.
- El receptor o destinatario puede ser requerido en los Planes de las Comunidades autónomas o si así lo deciden las autoridades responsables de la dirección de la emergencia.

### REFERENCIAS

[1] V. Aceña, F. Zamora, E. Rubio. Análisis de las dosis en el transporte de radiofármacos cambio de perspectiva para su reducción. II Congreso Conjunto SEFM-SEPR. Sevilla 2011.

[2] Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material. Specific Safety Requirements. 2012 Edition. IAEA Safety Standards Series n° SSR-6

[3] Acuerdo Europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (ADR 2015). BOE n° 91 16-4-2015.

[4] Emergencias producidas en el transporte de mercancías peligrosas por carretera y ferrocarril. Informe trienal 2011-2013. Dirección General de Protección Civil y Emergencias.

[5] Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el riesgo de accidentes en los transportes de mercancías peligrosas por carretera y ferrocarril. Real Decreto 387/1996, de 1 de marzo (BOE n° 71 22-3-1996).

[6] Resolución de 6 de octubre de 2011, de la Dirección General de Protección Civil y Emergencias: 112 en todo el territorio nacional y opcionales de algunas comunidades Autónomas.

[7] Página: [www.proteccioncivil.es/web/dgpcye/mercancias-peligrosas-planes-especiales](http://www.proteccioncivil.es/web/dgpcye/mercancias-peligrosas-planes-especiales)

[8] Criterios en relación con las medidas de protección radiológica, comunicación de no conformidades, disponibilidad de personas y medios en emergencias y vigilancia de la carga en el transporte de material radiactivo. Instrucción IS-34 del CSN de 18 de enero de 2012.

[9] Programa de protección radiológica aplicable al transporte de materiales radiactivos. Guía del CSN 6.02. CSN, diciembre 2002.

[10] Guía de ayuda para la elaboración de las disposiciones a tomar en caso de emergencia aplicables al transporte de materiales radiactivos por carretera: Guía de Seguridad 6.3 (rev. 1). CSN, enero 2012

### Estimados amigos y amigos,

El Comité Organizador del **5º Congreso Conjunto SEFM-SEPR** cordialmente os informa de la celebración del mismo en el **Palacio de Congresos de Girona del 13 al 16 de junio de 2017**. Lejos queda ya aquél III Congreso SEFM que se celebró en Sitges en 1981. Más recientemente, en 2007, Tarragona fue la sede del XI Congreso SEPR. Diez años después es un motivo de gran satisfacción poder celebrar de nuevo en Cataluña el evento de máxima expresión científica de nuestras sociedades. El lema del Congreso es "**La radiación: progreso y salud**". Desde esta visión amplia y que pone de relieve nuestra aportación a la sociedad, se está acabando de desarrollar el contenido científico al que os animamos a participar con vuestras comunicaciones. En breve detallaremos la información en cuanto a la remisión de resúmenes, pero os adelantamos que la **FECHA LÍMITE PARA EL ENVÍO SERÁ EL 23 DE DICIEMBRE DE 2016**. Antes del verano prevemos también poder tener activa la página web del congreso con el formulario de inscripción. Por el momento, os pedimos que reservéis las fechas en vuestras agendas. Os esperamos a todos para poder celebrar estos cinco primeros congresos conjuntos y compartir y debatir los cambios apasionantes que se están produciendo en la mayoría de áreas que cubre el Congreso. Pensamos además que este evento es una oportunidad única para visitar Girona. El mes pasado, el pres-



**5º CONGRESO CONJUNTO  
21 SEFM / 16 SEPR  
GIRONA 2017**

tigioso periódico británico *The Guardian* la seleccionaba como una de las diez mejores ciudades de Europa para hacer una escapada por su arquitectura modernista, el Museo de Historia de los Judíos o la Catedral, así como por su reconocida oferta gastronómica y de ocio. Es un honor, una satisfacción y también un reto organizar el 5º Congreso SEFM-SEPR, que esperamos que sea provechoso para todos vosotros.

Recibid un cordial y afectuoso saludo,

*Carles Muñoz Montplet  
Presidente del Comité Organizador*



# IRPA

INTERNATIONAL RADIATION PROTECTION ASSOCIATION



La Asociación Internacional de Protección Radiológica, la IRPA, celebra del 9 al 13 de mayo de 2016 su Congreso Internacional en Ciudad del Cabo (Sudáfrica). El Programa científico promete ser del máximo interés, ahora que está ya casi completamente finalizado. En él se cubren todas las situaciones y categorías de exposición, y prácticamente todo tipo de fuentes de radiaciones ionizantes y no ionizantes.

Como puntos más destacados se tendrán, entre otros, los siguientes:

- la Conferencia del premio Sievert (el Dr. John D. Boice, actual presidente del *National Council on Radiation Protection and Measurements*);
- la celebración científica y social del 50° aniversario de la IRPA, con la presencia de varios miembros históricos, y la presentación actualizada de la historia de la IRPA;
- la presentación de la Medalla de Oro de la Real Academia Sueca de Ciencias (otorgada a la Dra. Ethel S. Gilbert, del *National Cancer Institute*);
- en el ámbito epidemiológico, la presentación del Programa de estudios sanitarios en Rusia (patrocinado por el Departamento de Energía de EE.UU.) con la puesta al día de los estudios del río Techa y la planta Mayak en los Urales, así como discusiones en profundidad y análisis de otras cohortes principales incluyendo, por ejemplo, el *Life Span*

*Study* de los supervivientes de Hiroshima y Nagasaki, o los estudios en curso de las poblaciones afectadas de Chernóbil y Fukushima;

- cuestiones “calientes”, como la inducción de cataratas o el nuevo límite de dosis para el cristalino del ojo, o el nuevo factor de riesgo para el radón;
- desarrollo de la protección radiológica en medicina después de la *Convocatoria de Bonn para la acción*;
- la seguridad radiológica de los pacientes pediátricos;
- desafíos en cuanto a seguridad radiológica para los países que se inician en la energía nuclear y los que tienen nuevas construcciones en curso;
- la respuesta a accidentes graves y emergencias y su evolución después de Fukushima;
- los últimos avances en la detección de la radiación, vigilancia radiológica la dosimetría;
- la aplicación del sistema de protección radiológica del medio ambiente, de la teoría a la práctica;
- la seguridad radiológica de las fuentes radiactivas, los beneficios de sus aplicaciones y la minimización de los riesgos asociados;
- las últimas novedades de los organismos internacionales: UNSCEAR, ICRP, ICRU, ICNIRP, OIEA, OMS, la AEN/OCDE y otras organizaciones,

y la perspectiva de sus trabajos en la actualidad y de cara al futuro;

- las presentaciones de los jóvenes excelentes seleccionados por las Sociedades IRPA para competir por el Premio de Jóvenes Profesionales (la SEPR seleccionó a nuestro compañero Luis Alejo Luque, con la ponencia titulada *Radiation dose optimization in paediatric conventional imaging using an automatic dose data management software*);

- y una amplia gama de cursos de actualización que cubren 20 temas a cual más relevantes.

Todo ello será desarrollado a lo largo de un buen número de sesiones plenarias, mesas redondas y sesiones científicas sobre la amplia gama de temas científicos y aplicados que la protección radiológica abarca.

Para obtener más información y para inscribirse, visitar la página web oficial del Congreso en: [www.irpa.net](http://www.irpa.net)

Por otro lado, el Congreso es la ocasión que se tiene cada cuatro años para reunir a los delegados de las asociaciones miembros de IRPA en la Asamblea General y en el Foro de Sociedades. La SEPR estará representada por su presidenta Mercè Ginjaume, su vicepresidente Borja Bravo, Antonio Gil Aguado, vocal de la Junta Directiva, junto con Eduardo Sollet, M<sup>o</sup> Teresa Ortiz y Paloma Marchena, todos ellos socios muy destacados y que han pasado por la Junta Directiva en el pasado.

De cara a la renovación del Consejo Ejecutivo de la IRPA, hay siete candidatos entre los que se habrán de elegir tres vocales. Nuestro compañero Eduardo Gallego está nominado como único candidato para ser el próximo vicepresidente de la IRPA, mientras que Roger Coates (de la SRP, Reino Unido) será el próximo presidente.

Recomendamos visitar periódicamente la página web de IRPA ([www.irpa.net](http://www.irpa.net)) y suscribirse a sus noticias para estar al día sobre la asociación.

Comité de redacción

**LA JUNTA DIRECTIVA INFORMA**

La Junta Directiva de la SEPR celebró su última reunión el día 17 de febrero de 2016 en la sede de las oficinas de la secretaría técnica de la Sociedad en Madrid.

Durante la misma, la presidenta, Mercé Ginjaume, informó sobre las actividades de representación llevadas a cabo durante el último trimestre, entre las que cabe destacar las reuniones mantenidas con los presidentes y delegados de distintas sociedades profesionales de ámbito sanitario (SEFM, SEOR, AETR, SEMNIM y SERAM) para coordinar las distintas actividades conjuntas y posicionamiento sobre la nueva directiva europea de PR, una reunión entre la SEPR y al Organización Médica Colegial (OMC) con objeto de establecer un marco de colaboración dentro del acuerdo OMC-OIEA para formación en PR en países latinoamericanos, la reunión de coordinación del grupo de trabajo de la SEPR sobre la directiva de PR, y la reunión entre SEPR (Mercè y Antonio Gil) y la Sociedad Española de Graduados en Radiología (SEGRA).

Por su parte, el vicepresidente, Borja Bravo, informó sobre el avance en la organización de la jornada *La Protección Radiológica en 2015*, prevista para el día 19 de abril en las instalaciones del Ciemat, coordinada por Ana María Romero (vocal SEPR) y él mismo, y mostró la propuesta definitiva del Plan de actividades científicas de 2016, que se presentará, como es habitual, en la Jornada anteriormente citada.

La secretaria general presentó las altas y bajas de socios del último periodo para su aprobación, así como el análisis de los resultados de la encuesta de satisfacción de socios realizada entre los meses de enero y febrero.

Por ausencia de la tesorera, y en nombre de ésta, la presidenta presentó el informe económico actualizado a fecha de 15 de febrero de 2016, así como la última revisión del procedimiento de gastos y retribuciones de la Sociedad, que fue posteriormente aprobado por la Junta tras la incorporación de los comentarios realizados por ésta.

Finalmente, se acordó mantener las cuotas de los socios numerarios y socios colaboradores durante el año 2016.

Sofía Luque  
Secretaria General de la SEPR

**Resultados de la encuesta de satisfacción de socios de la SEPR**

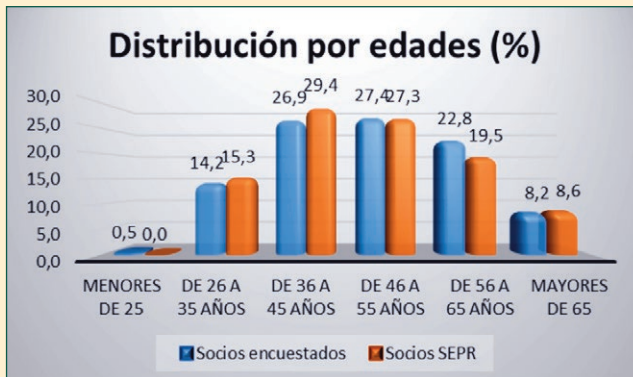
Entre los meses de enero y febrero de 2016, en el marco del desarrollo del Plan estratégico 2015-2019, la SEPR lanzó, a través de un correo electrónico dirigido a todos los socios, una encuesta de satisfacción de nueve preguntas, con objeto de recabar la opinión de los mismos sobre los servicios ofrecidos por nuestra Sociedad, e identificar posibles fortalezas y debilidades. La participación fue muy satisfactoria, contando con 220 respuestas de un total de 670 socios, lo que representa un porcentaje de respuestas de más de un 30% del total de socios de la SEPR.

A continuación se presenta un resumen del análisis de los resultados obtenidos y su comparación, en algunos casos, con los datos disponibles de los socios de la SEPR. A pesar de que algunos socios no han cumplimentado todavía todos sus datos en la nueva base de datos, los gráficos comparativos ponen de manifiesto que puede considerarse representativa de la sociedad la muestra que ha participado en la encuesta.

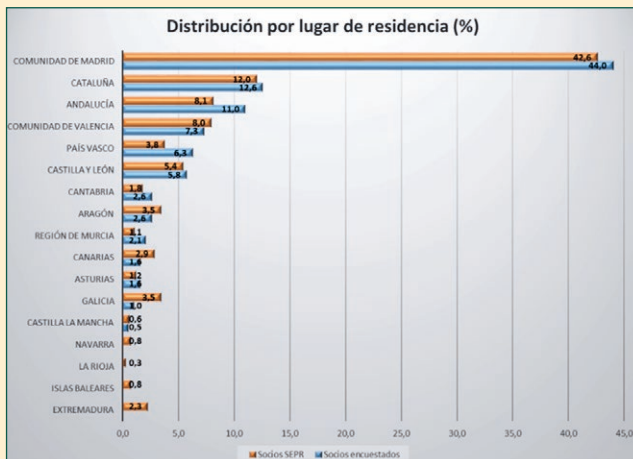
**Distribución por edades y lugar de residencia**

De las 220 respuestas obtenidas en esta primera pregunta de la encuesta, la distribución por edades de los socios encuestados es la que se representa en el gráfico de barras que se muestra a continuación en color azul, siendo muy similar a la distribución por edades del total de los socios de la Sociedad, en naranja, encontrándose más del 75% de socios entre los 36 y los 65 años, y habiendo una menor proporción de menores de 36 y mayores de 65.

En el caso del lugar de residencia de los socios encuestados, se obtuvieron 192 respuestas, quedando la distribución nacio-



Distribución por edades (%).



Distribución por lugar de residencia (%).

nal resultante por comunidad autónoma como se puede ver en la gráfica inferior de la página anterior. Aunque no se han incluido en la gráfica cabe destacar la presencia de socios con lugar de residencia fuera de nuestras fronteras, habiéndose enviado respuestas desde Francia y Suecia.

### Sector profesional

La segunda pregunta de la encuesta se centró en conocer el sector profesional de los socios encuestados, obteniéndose 214 respuestas que se han analizado, como en los casos anteriores, a través de su comparación con los datos disponibles en la Sociedad.



### Actividades científicas de la SEPR

Bajo este epígrafe de la encuesta, se solicitó a los socios que puntuaran del 1 al 5, siendo 1 = no me interesa y 5 = muy interesante, las actividades científicas propuestas por la SEPR para los próximos meses. En este caso se obtuvieron 190 respuestas, en las que se observaba que la mayor puntuación (superior a 4) se obtenía para las actividades más generalistas, que aplican a todos los sectores de la protección radiológica, como son la Jornada sobre la Directiva de Euratom, la Jornada de la PR en 2015 y el Curso sobre Protección Radiológica en Emergencias Radiológicas, y las puntuaciones inferiores a 4 para aquellas actividades cuyo público objetivo es específico; son socios o profesionales de PR directamente implicados con la actividad concreta ofertada y en algunos casos actividades dirigidas a no-socios de la SEPR. La intención de asistencia fue del orden de 90 personas para cada una de las actividades más valoradas.



### Lugar de celebración de actividades de la SEPR

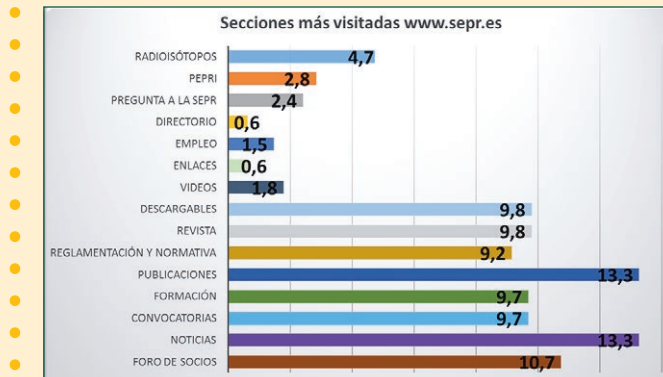
Con el ánimo de facilitar a los socios la asistencia a las actividades organizadas por la SEPR se preguntó a los encuestados acerca de su preferencia en el lugar de celebración de las actividades de la Sociedad. Se obtuvieron 157 respuestas, aunque algunas de ellas proponían varias localidades. La ciudad mayoritariamente seleccionada fue Madrid, seguidas por Barcelona, Valencia, Sevilla y Bilbao entre otras.

### Propuesta de publicaciones

En quinto lugar, se preguntó a los encuestados sobre posibles publicaciones de la Sociedad, no incluidas en el actual plan de actividades científicas. En este caso hubo 22 respuestas sobre temas muy variados relacionados con la protección radiológica en el medio sanitario, la detección y medida de la radiación, la dosimetría del cristalino y la protección radiológica ambiental entre otros.

### Página web de la SEPR

La sexta y séptima preguntas de la encuesta sondearon a los socios sobre las secciones que habitualmente visitaban de la web de la Sociedad. En este caso se obtuvieron 186 respuestas que mayoritariamente daban los resultados más elevados a las secciones de publicaciones y noticias.



En este apartado, también se quiso consultar qué secciones nuevas podrían resultar de interés para ser incluidas en la web, obteniendo diversas e interesantes propuestas sobre destacados internacionales (OIEA, ICRP o IRPA), radiaciones no ionizantes, organización de visitas a instalaciones radiactivas/nucleares o ampliación de la información de radioisótopos, magnitudes y unidades, entre otras.

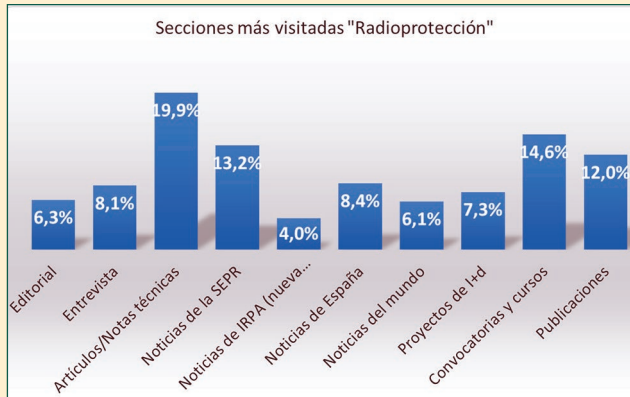
Para finalizar, se quiso conocer desde qué tipo de dispositivos se consulta mayoritariamente la web de la Sociedad, obteniendo como resultado un 97 % de usuarios de ordenador frente a las tablets o smartphones.

### Revista RADIOPROTECCIÓN

Se preguntó a los socios sobre la revista de la Sociedad, RADIOPROTECCIÓN, con objeto de saber el grado de consulta de las distintas secciones que dispone. Se obtuvieron 177 respuestas, en las que se mostró un interés mayoritario por los artículos y notas técnicas, seguido de la sección de convocatorias y cursos, noticias de la SEPR y publicaciones.

Como parte de esta consulta también se solicitó a los encuestados que hicieran sus propias propuestas, como fueron





la ampliación de la sección de entrevistas con un formato periodístico y del campo de experiencia de los "entrevistables", incluir notas científicas de actualidad, dar una sección a los socios colaboradores o indexar la revista.

### Valoración global de los servicios de la SEPR

Para finalizar, se invitó a los socios a valorar los servicios ofrecidos por la Sociedad asignando una puntuación entre el 1 y el 5 a los distintos servicios ofrecidos por la SEPR en la actualidad, siendo el 1 "no satisfactorio" y el 5 "muy satisfactorio". En este caso se obtuvieron 181 respuestas, que arrojaron unos resultados en general bastante favorables, quedando la mayoría de los servicios por encima del 3, con excepción de los dirigidos a socios menores de 35 años y a socios colaboradores. Los servicios más valorados fueron la página web y la revista de la Sociedad con una puntuación cercana a 4 y la valoración general fue de un 3,71.



Desde la SEPR queremos agradecer a todos los participantes su tiempo y esfuerzo para rellenar esta encuesta, que tan útil nos ha resultado para valorar el trabajo que se viene realizando y plantear posibles líneas de mejora así como reforzar las fortalezas.

Sofía Luque  
Secretaria de la CAC

### Ayudas para jóvenes científicos menores de 35 años

La Junta Directiva de la SEPR, en coordinación con el Comité de Redacción de la revista **RADIOPROTECCIÓN**, ha apro-

- bado recientemente una serie de medidas para incentivar la participación de los jóvenes menores de 35 años de nuestro sector, en las actividades científicas de nuestra Sociedad. En relación con esto se informa de lo siguiente:
- Aquellos jóvenes menores de 35 años que tengan interés en divulgar sus trabajos científicos y profesionales en el sector de la Protección Radiológica, podrán enviar sus artículos al Comité Científico de la revista **RADIOPROTECCIÓN** siguiendo las normas de publicación en ella establecidas, y en caso de ser aceptados por este comité, el autor principal (menor de 35) se podrá beneficiar de la cuota de inscripción a la SEPR gratuita por un año. (Esta ayuda sólo puede recibirse una vez).
- El mejor de los trabajos seleccionado por el Comité Científico de la revista de entre los publicados, entre mayo 2016 y mayo 2017, por jóvenes menores de 35 años (autor principal), será premiado con una beca en la inscripción del Congreso bienal de la SEPR en Girona.

Comité de redacción

### Encuentro SEPR-PEPRI, OIEA, OMC, CSN y Ciemat para establecer líneas de colaboración en PR para países latinoamericanos

- El vicepresidente de la SEPR, Borja Bravo, acompañado de Alegría Montoro y Pío Carmena, como representantes de la Plataforma Española de I+D en Protección Radiológica (PEPRI), han asistido el pasado día 26 de enero a un encuentro entre distintos organismos e instituciones nacionales e internacionales con el propósito de diseñar futuras líneas de colaboración para la formación de profesionales latinoamericanos en materia de protección radiológica, en el ámbito de las aplicaciones médicas que usan radiaciones ionizantes.

- A la reunión, celebrada en la sede del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y presidida por la vicepresidenta del CSN, también han asistido representantes de la Organización



- Internacional de Energía Atómica (OIEA), del CSN, de la Organización Médica Colegial (OMC) del Consejo General de Colegios Oficiales de Médicos de España y del Ciemat, quienes han propuesto y debatido distintas acciones en el marco del acuerdo firmado el pasado octubre entre la OIEA y



la OMC para la cooperación internacional en el campo de la medicina nuclear, diagnóstico por imagen, oncología radioterápica, radiología, física médica y nutrición y estudios ambientales relacionados con la salud en medicina nuclear.

Comité de redacción

## Encuentro SEPR-Enresa

Una delegación de la Junta Directiva de la SEPR, encabezada por su presidenta, Mercè Ginjaume, ha mantenido una reunión el pasado 17 de marzo con el presidente de Enresa, Juan José Zaballa, quien estuvo acompañado por la directora del Gabinete del Presidente, Lorena Segura y el director técnico, Álvaro Rodríguez Beceiro.

El objetivo de la reunión era la renovación del acuerdo de colaboración que ambas entidades mantienen desde hace más de veinte años. Durante la misma, Mercè hizo una breve



presentación sobre nuestra Sociedad, las actividades científicas previstas para el presente año y los miembros de su nueva Junta Directiva.

El presidente de Enresa, por su parte, destacó la importancia del mantenimiento del acuerdo de colaboración entre Enresa y la SEPR como herramienta para contribuir a la promoción de la cultura de seguridad en protección radiológica, teniendo en cuenta que ésta supone el *core business* de ambas entidades, por lo que la reunión resultó sumamente satisfactoria para ambas partes.

Comité de redacción

## PEPRI: Plataforma Nacional de I+D en Protección Radiológica

PEPRI es una plataforma tecnológica creada en julio de 2014 desde la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR), que tiene como objetivo promover las actividades de I+D+i orientadas a la PR. PEPRI está abierta a todas las entidades nacionales que están relacionadas con la I+D en PR de radiaciones ionizantes y no ionizantes. Actualmente cuenta con 60 miembros de todos los sectores relacionados con esta temática.

Desde diciembre 2015 hasta marzo de 2016 se han desarrollado las siguientes actividades:

### • Elaboración del Plan Estratégico de I+D de PEPRI

Se ha trabajado en la valoración de la I+D+i nacional en cada una de las áreas temáticas, valorando para cada línea de I+D el nivel actual de conocimiento sobre el tema, la capacidad de modelización de los fenómenos asociados, la existencia de datos experimentales sobre estos fenómenos y la existencia de desarrollos industriales o comerciales. La próxima reunión del Grupo *ad hoc* está prevista en abril para terminar de elaborar una versión preliminar del Plan Estratégico. Este documento será valorado por el Consejo Gestor y, posteriormente, enviado a comentarios a todos los miembros de la Plataforma.

### • Proyectos PEPRI

Se sigue trabajando en el lanzamiento de los proyectos PEPRI, nacidos como iniciativa del Consejo Gestor. Estos proyectos son:

- Proyecto 1: evaluación y mejora de la capacidad existente a nivel nacional para la determinación de  $^{239}\text{Pu}$  en orina en situaciones de emergencia.
- Proyecto 2: adaptación de las capacidades nacionales para la discriminación rápida de la incorporación de radioiodos en emergencias.
- Proyecto 3: red española de excelencia de laboratorios de dosimetría biológica. Ejercicios de intercomparación. Simulación de accidentes con múltiples víctimas.

Se han enviado las memorias preliminares a los miembros de PEPRI para que aquellos que estén interesados en participar en los mismos lo pongan de manifiesto, con objeto de crear un equipo de proyecto en cada uno de ellos.

### • Colaboración con el OIEA

La Organización Médico Colegial (OMC) firmó un acuerdo con el OIEA en el mes de octubre que tiene como objetivo establecer un marco de cooperación para la creación de capacidades en países de Latinoamérica y Caribe, en los campos de la medicina radiológica, incluyendo medicina nuclear, diagnóstico por imagen, oncología radioterápica, radiobiología y física médica, así como en los campos de la nutrición y los estudios ambientales relacionados con la salud. Para el desarrollo de este acuerdo, tanto el OIEA como la OMC han solicitado al CSN, Ciemat y a la SEPR su colaboración, cada uno en el ámbito de sus competencias.

Una de las actividades a realizar es la preparación de un catálogo de las actividades y capacidades de formación nacional sobre PR en aplicaciones médicas, que pudieran servir para ofrecer cursos presenciales y *on line* de formación y reentrenamiento a profesionales de estos países en colaboración con el Instituto de formación del OMC. Esta actividad la está desarrollando PEPRI, que ha preparado un cuestionario que enviará a todos sus miembros para recoger sus capacidades formativas.

Adicionalmente, el OIEA ha propuesto las siguientes áreas de trabajo:

- Invitación a un experto de la SEPR al *Technical Meeting sobre Patient Dose Monitoring and the Use of Diagnostic Reference Levels for the Optimization of Protection in Medical Imaging*, que se celebrará en la sede del OIEA en Viena del 30 de mayo al 3 de junio de 2016.
- Identificación de expertos españoles para participar en seminarios vía web con países latinoamericanos, organi-

zados por el OIEA, sobre temas relacionados con la PR en aplicaciones médicas y especialmente en la PR en mamografía y el análisis de riesgos en radioterapia.


- Colaboración para la preparación de material de *e-learning* en español en las áreas de tomografía computarizada y seguridad en radioterapia. La OIEA facilitará el material base en inglés para estos cursos.
- Colaboración en el desarrollo y diseminación de los resultados del proyecto de la OIEA relativo a seguridad radiológica en procesos intervencionistas (Sistema SAFRAD del OIEA). Este sistema es una base de datos internacional a la que se reportan actividades relacionadas con procesos intervencionistas guiados por fluoroscopia.

- La Junta Directiva de la SEPR está preparando la respuesta a estas propuestas. En los temas relacionados con el análisis de riesgos en radioterapia, se va a tomar como referencia el proyecto MARR, que la SEPR ha desarrollado junto al CSN, la SEFM, la SEOR y la AETR.
- En estos tres meses se han incorporado a PEPRI seis nuevos miembros que pertenecen a los sectores de empresa, universidad y hospitales. Si alguna entidad que realice actividades de I+D+i en PR tiene interés en tener acceso directo a estas informaciones, se recomienda que se incorpore a la Plataforma PEPRI. La suscripción es gratuita. Para más información se ruega contactar con la secretaria general, Alegría Montoro: [secretariapepri@gmail.com](mailto:secretariapepri@gmail.com)

Alegría Montoro, Pío Carmena y Mercè Ginjaume.

## NOTICIAS de ESPAÑA

### Desayuno con Fotonos

Hace casi dos años y medio nació el blog *Desayuno con Fotonos* , una plataforma de divulgación que tiene como objetivo acercar la Física Médica a todos los públicos. Al día de hoy lleva publicados más de 200 artículos y acumula cerca de 400.000 visitas. Los editores son tres radiofísicos, Gaspar Sánchez Merino (Hospital Universitario de Araba), Manuel Vilches (Centro Médico de Asturias-IMOMA) y Naia Pereda (Hospital Universitario de Basurto de Bilbao) y son ya más de treinta colaboradores los que se han unido al proyecto. El número de seguidores habituales del blog y de personas que interactúan bien directamente a través del blog o de las redes sociales (Facebook, Twitter, Google+) no deja de crecer. Su labor se ha visto reconocida al recibir, en octubre de 2014, el premio de divulgación del Centro Nacional de Física de Partículas, Astropartículas y Nuclear (CPAN) en la categoría de blogs y páginas web.

La masiva expansión de las tecnologías de la información y comunicaciones con las páginas web, las redes sociales y los blogs, brinda un nuevo escenario de gran atractivo y fácil accesibilidad para el intercambio de conocimiento de una forma más ágil, informal y que resulta complementaria a la ofrecida por los medios tradicionales. Con esta idea surgió *Desayuno con Fotonos*, una herramienta al alcance de todo el mundo, que permite la generación de contenido de interés, facilita el trabajo colaborativo, conecta de una manera fácil a los distintos profesionales y a la sociedad en general. Además *Desayuno con Fotonos* está dando visibilidad a la física médica y constituye una plataforma donde se pueden tratar temas más o menos controvertidos y de actualidad para aclarar dudas y disipar inquietudes de los diferentes colectivos.

Os invitamos a visitar y participar en este blog que pretende constituirse en un espacio para descubrir el potencial que tiene la física médica en el panorama científico y de servicio a la sociedad.

Naia Pereda

### La SEPR en las redes sociales

- Puedes seguir las noticias, los eventos y las actividades relacionadas con la protección radiológica a través de las redes sociales de la SEPR:



#### Facebook:

[www.facebook.com/sociedadspanola.proteccionradiologica](http://www.facebook.com/sociedadspanola.proteccionradiologica)

#### Twitter:

<https://twitter.com/SocEspPR>

#### LinkedIn:

<https://es.linkedin.com/in/sociedad-espanola-de-proteccion-radiologica-3b000281>

#### RSS:

<http://www.sepr.es/rss.xml>

- Cada una de ellas tiene más de 350 publicaciones al año y se puede acceder a ellas a través de sus correspondientes accesos directos en la parte superior central de la página web de la SEPR. Las tres están configuradas de manera que cuando hay una novedad en la página web de la SEPR ésta es publicada automáticamente en las redes sociales utilizando twitterfeed.

- Actualmente, en abril de 2016 nos siguen por Facebook más de 9.000 personas o instituciones con más de 600 interacciones con publicaciones semanales y unos 8.000 contactos alcanzados por semana.

- En Twitter tenemos más de 390 seguidores y seguimos a 37 organizaciones y en LinkedIn tenemos más de 900 contactos.

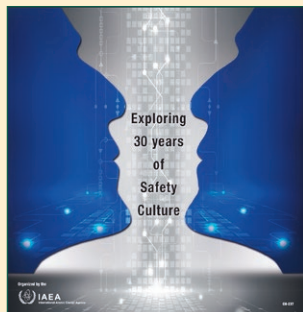
Pedro Ruiz Manzano

## Congreso internacional sobre los aspectos humanos y organizativos que garantizan la seguridad nuclear

### Balace tras 30 años de Cultura de Seguridad

El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) organizó del 22 al 26 de febrero, un congreso internacional para reflexionar y compartir experiencias relacionadas con el papel fundamental que los aspectos humanos y organizativos desempeñan en la seguridad nuclear, destacando sobre todo la cultura de seguridad y haciendo un especial hincapié sobre la evolución que ha tenido lugar en este ámbito a lo largo de los últimos 30 años y los retos que se plantean a más largo plazo. Uno de los objetivos que perseguía el congreso era facilitar que los participantes pudieran dar un paso atrás y reflexionar sobre lo que la comunidad nuclear ha aprendido en los 30 años transcurridos desde el accidente de Chernobyl. En particular, analizando los acontecimientos ocurridos desde el anterior congreso sobre cultura de seguridad celebrado en Río de Janeiro, Brasil, en 2002. Pero también, con una mirada hacia adelante a las lecciones aprendidas más recientes tras el accidente de Fukushima Daiichi.

El libro de abstracts así como copia de las comunicaciones orales y posters presentados durante las sesiones del congreso se pueden descargar en el siguiente enlace: [🌐](#)



Durante todo el congreso se reforzó la importancia del enfoque sistémico para la seguridad (*Systemic approach to safety*), que tenga en cuenta la influencia en la seguridad de todos los niveles del sistema sociotécnico (esto es, la tecnología, las personas, las organizaciones y corporaciones, los reguladores y la sociedad y el gobierno),

como la estrategia a seguir en la prevención de accidentes. Este enfoque está basado en una serie de modelos, herramientas y metodologías a implementar por las organizaciones, de las que tanto el OIEA como otras instituciones están llevando a cabo un gran desarrollo (STAMP, Proyecto MAP en Finlandia, por citar algunos ejemplos). Pero también los propios organismos reguladores han de incorporar el enfoque sistémico en sus políticas, lo que contribuye en muchos casos a una mayor cooperación entre el regulador y el titular, e incluso, con el público en general, repercutiendo todo ello de forma positiva en la seguridad y en la protección.

La clausura del congreso estuvo a cargo de Juan Carlos Lentijo, director general adjunto del Departamento de Seguridad Nuclear del OIEA, quien destacó que uno de los principales retos en la actualidad es trabajar para cambiar el concepto de cultura de seguridad hacia el de cultura para la seguridad. En este sentido, hay que promocionar la identificación de programas y prácticas que pueden marcar la diferencia en una organización, así como evitar en lo posible la implantación de lo que se conoce como "Hiper cultura". Lentijo reconoció una

- vez más la importancia que cobra la colaboración entre los diferentes agentes involucrados para garantizar la seguridad
- en sistemas tan complejos como son las centrales nucleares. Finalmente, anunció que el OIEA incorporará las conclusiones de este congreso a un plan de acción en la materia.

Marta Barrientos, CSN

## Webinars del OIEA sobre protección radiológica en aplicaciones médicas

El OIEA, a través de su página web sobre protección radiológica de los pacientes (RPOP), ha iniciado la realización de unos seminarios interactivos online a tiempo real (*webinars*), sobre temas relacionados con la protección radiológica en aplicaciones médicas, que son de especial interés para la comunidad científica en la actualidad. [🌐](#)

Los seminarios, totalmente gratuitos, son impartidos por expertos reconocidos internacionalmente a través de una plataforma online (WebEx), permitiendo de este modo la asistencia remota de los participantes utilizando sus propios ordenadores o dispositivos móviles. Además de escuchar y visualizar la presentación, los participantes tienen la oportunidad de plantear sus preguntas o comentarios en tiempo real a través de cuadros de diálogos habilitados en la plataforma. La participación en los webinar está abierta a todos los interesados en el tema de que se trate, fundamentalmente, médicos, técnicos, físicos médicos y especialistas en protección radiológica. Con antelación suficiente, en la página web del OIEA se habilita un enlace para inscribirse en el seminario. Una vez confirmada la inscripción, se recibe en el correo electrónico un enlace a la página de inicio de sesión, y pocos días antes de que comience el seminario, un último recordatorio.

El 4 de febrero de 2016 tuvo lugar el primero de estos seminarios, con el título *¿Son las cataratas un riesgo real para los trabajadores expuestos en las salas de intervencionismo?*. La presentación estuvo a cargo del Dr. Madan Rehani, profesor de la Facultad de Medicina en la Universidad de Harvard. Anteriormente, ocupó un puesto de especialista en protección radiológica en el OIEA durante 11 años, en los que inició estudios sobre la aparición de opacidades en el cristalino de los cardiólogos intervencionistas (CI) y personal paramédico.

Los objetivos del seminario fueron fundamentalmente:

- – definir opacidad del cristalino y cataratas,
- – presentar las características diferenciales de las cataratas radioinducidas y de las producidas por otros agentes,
- – informar sobre los riesgos para el personal expuesto en las salas de intervencionismo,
- – dar a conocer las últimas recomendaciones de las organizaciones internacionales sobre las implicaciones del nuevo límite de dosis aplicable al cristalino.

En resumen, se puso de manifiesto durante la intervención del Dr. Rehani que se han encontrado entre un tercio y la mitad de los trabajadores en las salas de intervencionismo, opacidades del cristalino inducidas por la radiación. Fundamentalmente aparecen en los cardiólogos intervencionistas, pero lo mismo podría aplicarse a los radiólogos intervencionistas, electrofisiólogos y cirujanos vasculares, que desarrollan una carga de trabajo similar a la de los cardiólogos. Asimismo, se han eviden-



Dr. Rehani



Eliseo Vañó

ciado opacidades en el cristalino de las enfermeras que permanecen dentro de las salas de intervencionismo en presencia del haz de radiación. Aún se está a la espera de datos en otras categorías de profesionales médicos como cirujanos ortopédicos, urólogos, gastroenterólogos y anestesiólogos, pero la habitual falta de utilización de las medidas de protección entre estos profesionales, inclina a pensar que ellos también puedan tener un riesgo significativo. La mayoría de los estudios hasta ahora han evidenciado lesiones más del tipo de opacidad del cristalino en lugar de cataratas, pero los datos de los supervivientes de las bombas atómicas indican que la opacidad del cristalino tiene el potencial de evolucionar a cataratas pasados varios años de periodo de latencia. Por todo ello, a nivel internacional se está impulsando la protección radiológica en esta área. Si bien el riesgo es real, también lo es la posibilidad de evitar la aparición de lesiones.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) ha reducido los límites de dosis para la exposición ocupacional aplicables al cristalino de 150 mSv/año a 20 mSv/año, lo que ha sido adoptado por el OIEA y muchos países.

Posteriormente, el 9 de marzo de 2016, tuvo lugar el segundo de estos webinar, con el título *Enfoques para estimar la exposición del cristalino durante los procedimientos de intervencionismo*, a cargo del Dr. Eliseo Vano, profesor de Física Médica de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid y jefe del Servicio de Física Médica en el Hospital Universitario San Carlos, España. El Dr. Vañó es miembro del Grupo de Expertos del Artículo 31 del tratado Euratom, y *chairman* del Comité de Protección Radiológica en aplicaciones médicas de ICRP.

Durante su presentación, el Dr. Vañó señaló que si las normas de protección radiológica no se aplican adecuadamente, el nivel de exposición a la radiación del cristalino de los profesionales que trabajan en las salas de cateterismo puede superar el límite de dosis ocupacional, por lo que la dosis que recibe el cristalino ha de ser evaluada. Para ello, planteó diferentes enfoques que a su vez van teniendo en cuenta las dificultades que se plantean durante el trabajo clínico para el control dosimétrico. En el año 2000, la ICRP sugirió estimar las dosis al cristalino a partir de medidas indirectas (por ejemplo, a partir del dosímetro personal usado por encima del delantal plomado), si bien en algunos casos puede acarrear cierta imprecisión. Por su parte, el uso de dosímetros adicionales situados cerca del ojo proporcionaría una dosimetría más precisa, pero este enfoque presenta una serie de dificultades en su implementación. La correlación entre la dosis del cristalino y la dosis al paciente podría ser otro enfoque en determinados

procedimientos intervencionistas, en los que se registra de forma continua el nivel de dosis dispersa que emite el sistema de rayos X mediante dosímetros electrónicos ubicados en una posición fija. Durante la presentación, se plantearon las recomendaciones de la ICRP, del OIEA y de varias sociedades médicas, haciéndose especial énfasis en la necesidad de seguir potenciando la investigación en la materia, con el objetivo de lograr una mejor evaluación de las dosis ocupacionales para el cristalino y, en todo caso, una mejor protección contra la radiación en diferentes situaciones clínicas.

La grabación de ambas presentaciones (Dr. Rehani y Dr. Vañó), con sus correspondientes turnos de preguntas y respuestas, puede escucharse en el enlace habilitado en la página web de RPOP del OIEA.

El último webinar ha tenido lugar el 5 de abril de 2016, con el título *Lesiones cutáneas radioinducidas en procedimientos de intervencionismo*.

Comité de Redacción

## Workshop de Herca sobre radón en puestos de trabajo

Entre los días 12 y 14 de octubre de 2015, tuvo lugar en Ginebra, en la sede de la Organización Internacional del Trabajo (ILO) un *workshop* organizado por Herca, con la colaboración de las autoridades reguladoras de Francia (ASN), Noruega (NRPA), y Suiza (FOPH). Adicionalmente a los miembros de Herca, en la conferencia participaron también representantes de la OMS, el OIEA, y la ICRP, así como autoridades de Estados Unidos (CRCPD) y Japón (NRA).

A esta reunión asistieron 51 representantes de distintas organizaciones de 19 países europeos, así como de Estados Unidos, Taiwán y Japón. Por parte de España asistió un representante del Ministerio de Sanidad y dos del Consejo de Seguridad Nuclear.

El programa se estructuró en dos sesiones: una primera parte de presentaciones de ponencias y una segunda que se desarrolló en formato de grupos de trabajo.

La primera sesión llevaba el título de *Aspectos generales sobre el radón en lugares de trabajo* y se presentaron 13 ponencias. Por parte española el CSN presentó la ponencia titulada *Guía del CSN para estimar la exposición al radón en lugares de trabajo*.

La segunda sesión se estructuró en los siguientes grupos de trabajo:

**W.G.1:** Plan nacional de actuación, justificación y responsabilidades.

**W.G.2.:** Identificación de lugares de trabajo, medidas de radón y control.

**W.G.3:** Nivel de referencia vs límites de dosis.

Previo al inicio de las sesiones indicadas, los representantes de la OMS y del OIEA, presentaron respectivamente los siguientes trabajos:

- Radón en lugares de trabajo: una perspectiva de la OMS.
- La gestión de la exposición al radón en los lugares de trabajo, los requerimientos de las Normas Básicas de Seguridad Internacionales del OIEA.





Por la NRPA y la ASN se ha publicado un documento titulado *Radon National Action Plan. Report of an International Workshop* en relación con la reunión mantenida en París entre los días 30 de septiembre a 2 de octubre de 2014. En el siguiente enlace puede descargarse la publicación indicada.



Marta García -Talavera. y Jose Luis Martín Matarranz.  
Consejo de Seguridad Nuclear

## Reunión Anual de Eurados AM2016

La cita anual de la organización Eurados (*European Radiation Dosimetry Group*, ) tuvo lugar del 8 al 11 de febrero de 2016 en el Politécnico di Milano (Italia), con record absoluto de participación (más de 280 asistentes). Este año la motivación principal para acudir a la Reunión Anual AM2016, además de participar en las actividades habituales de Eurados en relación a la dosimetría de radiaciones ionizantes (Asamblea General, *Winter School*, reuniones de grupos de trabajo y de la intercomparación de dosimetría personales externa) era el nuevo marco de la investigación en Protección Radiológica (PR) en Europa en el que participa Eurados junto con las otras plataformas en este campo (Melodi, Alliance y Neris) dentro del Proyecto EJP-Concert *European Joint Programme for the Integration of Radiation Protection Research* de la Comisión Europea . La primera convocatoria de proyectos de investigación de Concert se espera en la primera mitad del año 2016, y las propuestas deben ir con participación conjunta de miembros y actividades de dichas plataformas de PR. Se han establecido vías de contacto para trabajar en las sinergias entre radiobiología, radioecología, emergencias y dosimetría, e incluso se ha tenido en cuenta la PR en las aplicaciones médicas de las radiaciones ionizantes para diagnóstico y terapia. Por ello en Milán se organizaron reuniones satélites fuera del programa de la Reunión Anual AM2016, una de las cuales fue convocada por Eurados con miembros de Neris y Alliance para tratar temas comunes de las Agendas Estratégicas de Investigación (aquí participaron, entre otros, Eduardo Gallego de la UPM representando a Neris, Arturo Vargas de la UPC como coordinador del grupo de trabajo WG3 de Dosimetría Ambiental de Eurados y María Antonia López del Ciemat representando al grupo de trabajo WG7 de Dosimetría Interna). Eurados también organizó una reunión con EANM (*European Association of Nuclear Medicine*) y se definieron temas de interés para una posible colaboración en microdosimetría (incluyendo simulación mediante métodos de Monte Carlo) y modelización biocinética de nuevos radiofármacos. Una segunda reunión tendrá lugar, esta vez organizada por EANM, en el congreso anual que organizará en Barcelona en octubre de 2016.

Respecto a la programación oficial de la Reunión Anual AM2016, la 9ª edición de la *Winter School* de Eurados celebrada el 11 de febrero fue dedicada a la *Dosimetría para la Epidemiología: Dosimetry for epidemiological cohorts*, tema que permite establecer colaboración científica con la plataforma Melodi dedicada al estudio del efecto sobre la salud de las radiaciones ionizantes a bajas dosis (< 100 mSv). Dominique Laurier (IRSN-Francia) inauguró la jornada que contó con un



total de 11 ponentes que presentaron los principios básicos de la dosimetría en escenarios clave para estudios epidemiológicos tales como los supervivientes a las bombas atómicas de Japón, la población afectada por el accidente de Techa River al sur de los montes Urales en Rusia, el accidente de la central nuclear de Fukushima-Daiichi, los trabajadores de la central nuclear de Chernobyl en Ucrania, los de Sellafield en Reino Unido, los de la planta nuclear Mayak en Rusia, los trabajadores de la industria nuclear en general, de la minería del uranio y de las aplicaciones médicas de las radiaciones ionizantes en diagnóstico y terapia.

Eurados ha otorgado una beca de estancia corta (3.000 euros) y dos premios especiales (500 euros, cada uno) a jóvenes investigadores que desarrollan actividades en el área de la dosimetría de radiaciones ionizantes. Los premios por la labor investigadora en grupos de trabajo de Eurados han sido concedidos a Pedro Nogueira (dosimetría interna) y Balazs Madas (microdosimetría). La beca se ha concedido a Marijke De Saint-Hubert (SCK-CEN, Bélgica) con el tema *Mailer dosimetry auditing in Proton Therapy - evaluation of detectors in proton therapy fields* (WG9) para una estancia en el IFJ de Cracovia, Polonia.

En relación a proyectos y actividades de investigación, es de destacar que Eurados está implicado en el grupo de trabajo WP2 del proyecto Concert mencionado anteriormente, para el desarrollo y actualización de la Agenda Estratégica de Investigación (SRA) en el campo de la dosimetría de las radiaciones ionizantes. El consejo de dirección o *Council* de Eurados tiene como misión este año realizar la consulta a los *stakeholders* o partes interesadas en dosimetría con el objetivo de mejorar la SRA a partir de los comentarios provenientes de ICRP, ICRU y de hasta 25 organizaciones y entidades internacionales relacionadas con la protección radiológica, las aplicaciones médicas de las radiaciones y por su puesto con la dosimetría. Representantes de tales instituciones han sido invitados por Werner Rühm (*chairman* de Eurados) el 30 de junio a Munich, para debatir con los miembros del *Council* de Eurados los aspectos más interesantes y prioritarios de la SRA, y para definir posibles nuevas líneas de investigación no consideradas actualmente.

El proyecto TECHREC que coordinan Eurados y PHE (George Etherington) de Reino Unido, y que ha sido llevado a cabo desde el grupo de trabajo WG7-Dosimetría Interna (en el que participa el Ciemat), finaliza este año con la elaboración

de las *Recomendaciones Técnicas en Dosimetría Interna*. Un documento oficial de la Comisión Europea estará publicado con libre acceso a finales del año 2016 con el título *Technical Recommendations for Monitoring Individuals for Occupational Intakes of Radionuclides*. Nuevos proyectos han empezado en enero de 2016 dentro del marco de Operra (7PM Euratom) como SHAMISEN *Nuclear Emergency Situations. Improvement of Medical and Health Surveillance* (coordina E. Cardis, CREAL, España) en el que Eurados es miembro del consorcio, o como CATHyMARA *Child and Adult Thyroid Monitoring After Reactor Accident* (coordina David Broggio, IRSN, Francia) con participación del Ciemat y de otros miembros e instituciones de los grupos de trabajo WG7 y WG6 de Eurados.

Una parte muy importante de Eurados es la organización de intercomparaciones de laboratorios. Se han anunciado tres ejercicios para 2016: de dosímetros corporales en campos de radiación fotónica y beta (WG2), de dosímetros de cristalino (WG12) y de medida de actividad en tiroides (WG7) este último en colaboración con LLNL (*Lawrence Livermore Nat. Laboratory* de Estados Unidos). Así mismo está prevista la organización de la segunda intercomparación de dosímetros ambientales pasivos (WG3) para el año 2017.



En 2016 se publicará el volumen especial de la revista *Radiation Protection Dosimetry* con los trabajos revisados del congreso IM2015 *Individual Monitoring of Ionizing Radiations* celebrado en Brujas, Bélgica, en abril de 2015, que contó con alta participación española.

En relación a eventos de interés en 2016 es de destacar la celebración de la primera edición de la *Radiation Protection Week* (RPW2016) del 19 al 23 de septiembre en Oxford (Reino Unido). El programa científico contará con la participación de las cuatro plataformas en protección radiológica (Eurados, Melodi, Alliance y Neris), reuniones de trabajo de comités de ICRP, Operra y Concert, reuniones de proyectos como CATHyMARA, RENEB (con gran participación española en el campo de la radiobiología y la dosimetría biológica), ENETRAP y Harmone. Los grupos de trabajo WG6 de Dosimetría computacional, WG7 de Dosimetría interna y WG10 de Dosimetría retrospectiva de Eurados celebrarán su reunión bianual en Oxford aprovechando dicho evento.

Finalmente comentar que la SEPR ha llevado a cabo la traducción del *Report Eurados 2013-01 IDEAS Guidelines (version 2) for the Estimation of Committed Doses from Incorporation Monitoring Data*, documento de referencia para el cálculo de dosis por exposición interna, que será editado como publicación de la SEPR en 2016 para su difusión en la comunidad dosimétrica de habla hispana y que será presentado en el congreso IRPA2016 en Sudáfrica este año.

María Antonia López Ponte  
Responsable de Dosimetría Interna, Unidad de Dosimetría- CIEMAT

## V Congreso de protección radiológica de los países de lengua portuguesa


El V Congreso de protección radiológica de los países de habla portuguesa se celebró en Coimbra (Portugal) del 10 al 12 de marzo de 2016, organizado conjuntamente por las sociedades portuguesa y brasileña (SPPCR, ) y SBPR, , respectivamente.




José Marcus Godoy (presidente de la SBPR, izquierda), Luís Neves (presidente de la SPPCR, centro) y Eduardo Gallego (expresidente de la SEPR y miembro del Consejo Ejecutivo de la IRPA, derecha).



João Quintela de Brito

te). El Congreso tuvo lugar en las instalaciones de la Universidad, en un excelente ambiente de trabajo. La SEPR fue invitada a participar y su representación corrió a cargo del anterior presidente, Eduardo Gallego, quien también presentó una de las dos conferencias invitadas del Congreso sobre el tema: *The ICRP System for Radiological Protection. Current Challenges and Trends*. Hubo además varias mesas redondas, discusión sobre temas críticos de protección radiológica y cerca de 100 presentaciones en formato oral y póster. Los resúmenes han sido publicados en la revista oficial de la SPPCR *Radioproteção*, y las presentaciones orales realizadas se pueden encontrar en la página web del Congreso .


Durante el Congreso se rindió un sentido homenaje al desaparecido anterior presidente de la Sociedad Portuguesa, João Quintela de Brito (1935-2013) , quien fue especialmente recordado por su empeño en conformar la SPPCR y darle una clara dimensión latinoamericana e ibérica.


Luís Neves

## Fukushima cinco años después - Chernóbil 30 años después. Balance en síntesis

En marzo y abril de 2016 se cumplen los aniversarios de los accidentes nucleares de Fukushima y Chernóbil. Ambos son los únicos que ocupan el nivel 7 de la Escala Internacional de Sucesos Nucleares (INES), si bien su impacto radiológico es bastante diferente. Con esta breve nota y la tabla de la página siguiente, tratamos de resumir la información más habitualmente demandada sobre ambas catástrofes. En el próximo número de *RADIOPROTECCIÓN* se incluirá un análisis más detallado sobre sus consecuencias. Esperamos que nuestros socios y lectores lo encuentren interesante.

Eduardo Gallego Díaz

CHERNÓBIL	FUKUSHIMA
<b>¿Cuándo ocurrió?</b>	
26 de abril de 1986	11 de marzo de 2011
<b>¿Dónde ocurrió?</b>	
N de Ucrania, a 130 km de Kiev y a 20 de Bielorrusia	Costa NE de Japón, prefectura de Fukushima
<b>¿Cuáles fueron las causas principales?*</b>	
<p>Diseño inadecuado, reactor con inestabilidad intrínseca a poca potencia, falta de sistemas de protección efectivos.</p> <p>Realización de una prueba experimental tras desconectar el sistema de protección.</p> <p>Accidente de reactividad seguido de explosiones de vapor e hidrógeno.</p> <p>Falta de preparación de los operadores y falta de cultura de seguridad en el equipo humano.</p>	<p><i>Tsunami</i> posterior al Gran Terremoto del Japón oriental, de magnitud 9.0 en la escala de Richter.</p> <p>Diseño inadecuado para hacer frente a una ola de aprox. 15 m de altura; muro de contención de 5,5 m; inundación de sistemas esenciales (entre ellos, los generadores diésel de emergencia) y apagón total.</p> <p>Pérdida de refrigeración en tres reactores y en cuatro piscinas de enfriamiento de combustible gastado. Recalentamiento del combustible, oxidación y liberación de hidrógeno, seguida de explosiones. Combustible de tres reactores fundido.</p>
<b>¿Cuánta radiactividad se escapó al medioambiente de los isótopos principales desde el punto de vista radiológico?</b>	
<p>Atmósfera [1]: I-131: aprox. 1760 PBq** Cs-137: aprox. 85 PBq Xe-133: 6.500 PBq</p>	<p>Atmósfera [2]: I-131: entre 100 y 400 PBq Cs-137: entre 7 y 20 PBq Xe-133: entre 6.000 y 12.000 PBq</p> <p>Océano [2]***: I-131: entre 10 y 20 PBq Cs-137: entre 1 y 6 PBq</p>
<b>¿Cuál fue la extensión de las zonas contaminadas por Cs-137? [4]</b>	
La Figura 1 representa los mapas de depósito de Cs-137 en ambos accidentes en la misma escala espacial.	
<p>Entre 37 y 185 kBq/m<sup>2</sup>: 116.900 km<sup>2</sup> Entre 185 y 555 kBq/m<sup>2</sup>: 19.100 km<sup>2</sup> Entre 555 y 1.480 kBq/m<sup>2</sup>: 7.200 km<sup>2</sup> Por encima de 1.480 kBq/m<sup>2</sup>: 3.100 km<sup>2</sup></p>	<p>Entre 37 y 185 kBq/m<sup>2</sup>: 3.248 km<sup>2</sup> Entre 185 y 555 kBq/m<sup>2</sup>: 844 km<sup>2</sup> Entre 555 y 1.480 kBq/m<sup>2</sup>: 264 km<sup>2</sup> Por encima de 1.480 kBq/m<sup>2</sup>: 132 km<sup>2</sup></p>
<b>¿Cuánta población fue evacuada en los primeros días?</b>	
45.000 personas (de Prypiat) en las primeras 48 h y 116.000 personas en total en el primer mes (dentro de los 30 km).	Aprox. 150.000 personas se vieron afectadas en los primeros días por evacuaciones o confinamiento en el interior de sus casas. Inicialmente se evacuaron los habitantes hasta los 20 km de distancia, unos 78.000.
<b>¿Y cuanta población fue trasladada posteriormente?</b>	
<p>Otras 220.000 personas en años posteriores, en aplicación del criterio de no superar 350 mSv como límite de dosis integrada durante toda la vida (establecido en 1990).</p> <p>Zonas con más de 1480 kBq/m<sup>2</sup> – traslado general.</p> <p>Zonas con más de 555 kBq/m<sup>2</sup> – traslado de familias con niños</p>	El 22 de abril de 2011 se tomó la decisión de evacuar a los habitantes de la franja noroeste más contaminada hasta unos 40 km; siendo evacuadas unas 10.000 personas más.
<b>¿Cuánta población sigue trasladada a fecha actual?</b>	
<p>Apenas ha habido retorno de población. En la “zona prohibida” en torno a la central, se autorizó el retorno oficial de aprox. 1.000 habitantes, fundamentalmente personas de edad avanzada a los pocos años.</p> <p>En 2011 la zona se declaró abierta al turismo.</p> <p>Desde 2011, el gobierno de Bielorrusia está desarrollando un plan de desarrollo socioeconómico y de infraestructuras de las zonas que fueron evacuadas en 1990, para permitir el retorno progresivo de las poblaciones afectadas (unas 137.000 personas) de las regiones de Gomel y Mogilev en 2020 [5].</p>	<p>81.300 personas siguen evacuadas. Se ha autorizado ya el retorno en varias poblaciones de la zona suroeste (Tamura City, Kawauchi Village, Naraha City).</p> <p>En aquellas cuya tasa de dosis externa es inferior a 20 mSv/año, tras completar la descontaminación de zonas urbanas, se espera levantar la orden de evacuación en 2017. </p> <p>Quedarían así trasladados de forma definitiva aprox. 24.100 habitantes de las zonas más contaminadas.</p>

CHERNÓBIL	FUKUSHIMA
<b>¿Qué dosis de radiación recibieron y reciben actualmente los trabajadores de la central?</b>	
<p>Los aprox. 530.000 soldados y trabajadores que intervinieron en la mitigación y limpieza de la central (los llamados "liquidadores"), recibieron una dosis media de 120 mSv, las dosis registradas varían desde menos de 10 mSv hasta más de 1.000 mSv, si bien un 85% estuvo entre 20 y 500 mSv, con una incertidumbre de entre un 50% y un factor 5 [3].</p> <p>Actualmente, se está terminando de construir una nueva estructura de confinamiento seguro bajo la cual se podrá ir desmantelando el "sarcófago" y la propia central. Se trata de una construcción singular, de gran complejidad técnica, con más de 3.600 trabajadores, cuya dosis media en 2015 fue de 3,8 mSv. En el resto de trabajos, el control dosimétrico es normal, estando siempre por debajo de los límites de dosis para trabajadores expuestos en situaciones planificadas [5].</p>	<p>Durante el accidente 174 trabajadores recibieron dosis por encima de 100 mSv. De ellos, solamente seis recibieron más de 250 mSv [2] (desde 309 hasta 678 mSv). 13 trabajadores recibieron dosis en el tiroides de entre 2 y 12 Gy, por inhalación de I-131 en los momentos de las explosiones iniciales [7].</p> <p>Actualmente, en el Plan de control y desmantelamiento, cada día trabajan en la central unos 6.800 trabajadores. Se trabaja en condiciones planificadas para no superar los límites de dosis reglamentarios. En febrero de 2016, solamente 12 trabajadores superaron 10 mSv. </p>
<b>¿Qué dosis de radiación recibió y recibe actualmente la población?</b>	
<p>Durante los primeros 20 años, en las zonas contaminadas por encima de 1480 kBq/m<sup>2</sup>, 23.000 personas recibieron hasta 121 mSv, de los que 46.4 correspondieron al primer año. Para los habitantes del siguiente rango de contaminación, entre 555 y 1.480 kBq/m<sup>2</sup>, unos 193.000, la dosis media acumulada fue de 53 mSv, siendo 17.6 mSv los recibidos en el primer año [3]. Para el conjunto de las personas que siguieron residiendo en las zonas contaminadas (unos 6.400.000) la dosis promedio en ese periodo fue de 9 mSv [3], si bien las dosis en algunos individuos pueden ser mucho mayores que el promedio, dependiendo de sus hábitos individuales.</p> <p>Hoy en día, la mayor parte de la población no supera 1 mSv/año, pudiendo considerarse que en zonas habitadas la situación radiológica es normal.</p>	<p>A partir de encuestas sobre la población más afectada, realizadas por la Univ. Médica de Fukushima, se ha estimado que el 99,8% de las personas no recibió más de 5 mSv en los cuatro primeros meses, y solamente una pequeña minoría pudo superar los 10 mSv [2].</p> <p>Actualmente, a partir de medidas con dosímetro electrónico, la mayor parte de la población no alcanza 1 mSv/año por encima del fondo radiactivo natural. [2]</p>
<b>¿Cuántas personas sufrieron el Síndrome de Radiación Agudo (SRA)? Y ¿cuántos fallecidos hubo por causa del accidente en los primeros periodos (días-semanas)?</b>	
<p>Durante el accidente, 237 trabajadores y bomberos hubieron de ser hospitalizados, y de ellos 134 recibieron dosis suficientes como para causar el SRA. 28 fallecieron en pocos meses [3].</p> <p>Otros dos trabajadores fallecieron por diversas causas durante el accidente.</p> <p>Durante el periodo 1987-2004 se produjeron entre los afectados del SRA otros 19 fallecimientos, sin que todos los casos puedan ser atribuidos a la radiación. Los supervivientes del SRA han tenido en su mayoría lesiones serias en la piel, cataratas y otras enfermedades.</p>	<p>No se ha observado ningún efecto temprano de la radiación a causa del accidente [2, 7].</p> <p>Tres trabajadores fallecieron durante el accidente por los efectos del terremoto y posterior tsunami. Ninguno por radiación.</p>
<b>¿Cuánta dosis recibieron los niños en el tiroides? y ¿cuántos niños han sufrido cáncer de tiroides?</b>	
<p>Las dosis en el tiroides fueron particularmente altas en los que eran niños y adolescentes en los primeros meses después del accidente y bebieron leche con alto contenido de yodo radiactivo de las zonas más afectadas. Casi 8000 recibieron dosis superiores a 5 Gy en Bielorrusia y Ucrania, y estuvieron por encima de 1 Gy unos 19300 [3]. Hasta 2005 se habían diagnosticado 6846 casos de cáncer de tiroides que podrían atribuirse a la ingestión del yodo radiactivo. Los registros posteriores no están publicados, aunque se considera que continúa la tendencia creciente.</p>	<p>A partir de medidas de tasa de dosis directa sobre la glándula tiroides, se han estimado dosis equivalentes inferiores a 10 mSv aproximadamente en el 95,7 % de los niños (con un máximo de 43 mSv) [2]. En todo caso, el valor máximo a nivel de distrito es de unos 80 mGy [2, 9].</p> <p>Tras el accidente se ha llevado a cabo un programa de cribado mediante examen con ultrasonidos a toda la población que tuviera menos de 19 años en el momento del accidente (aprox. 300.000 individuos), lo que ha detectado 113 casos de cáncer de tiroides. Sin embargo, los expertos coinciden en que no es plausible su origen radioinducido [2, 6].</p>



CHERNÓBIL	FUKUSHIMA
<b>¿Cuántos fallecidos por cáncer u otras causas se han podido constatar hasta ahora?</b>	
<p>Hasta 2005 se habían producido 15 muertes entre los afectados de cáncer de tiroides.</p> <p>Entre los habitantes y trabajadores que recibieron dosis mayores, hay indicaciones claras de incrementos en la incidencia de leucemias; sin que se disponga de cifras exactas, el número de leucemias puede ser de más de 200 entre la que era población infantil, y de otros tantos entre los "liquidadores".</p> <p>Para otros cánceres, se está constatando un incremento claro entre los "liquidadores". En el registro de Rusia se llevan contabilizados ya 2422 muertes por cáncer (1992 a 2009) entre un colectivo de 65.000 individuos [5].</p>	<p>No hay fallecidos por causa de la radiación.</p> <p>Según algunas agencias de Japón, principalmente de la Prefectura de Fukushima, la evacuación pudo haber causado en sí misma más de 1.000 (hasta 1.656) decesos en los días y semanas posteriores, sobre todo entre las personas enfermas y ancianas que fueron evacuados con urgencia [6].</p>
<b>Según los estudios clínicos y epidemiológicos ¿qué otros efectos se han observado o cabe esperar a causa del accidente?</b>	
<p>Los estudios clínicos entre los colectivos más afectados prosiguen, no sin dificultades debido a la separación de los tres países afectados (Ucrania, Bielorrusia y Rusia). Entre los "liquidadores" y entre la población más expuesta (por encima de 20 mSv) parece haber incrementos de enfermedades cardiovasculares, así como de cataratas radioinducidas. No hay evidencias de incremento en malformaciones congénitas entre los nacidos tras el accidente [5].</p> <p>El impacto social y los daños psicológicos y sobre la salud mental, son muy elevados entre la población y tal vez sean los más graves [3] [5].</p> <p>Para poder hacer un balance final del impacto sanitario, hay en curso distintos estudios y aún se deberá esperar varias décadas.</p>	<p>Según el UNSCEAR [7] "las dosis recibidas por la población general, tanto las registradas durante el primer año como las estimadas para toda la vida, son por lo general bajas o muy bajas. No se prevé un aumento discernible de la incidencia de efectos en la salud relacionados con la radiación entre la población general expuesta y su descendencia".</p> <p>El estudio publicado en 2013 por la OMS [8], basándose en estimaciones preliminares de dosis, conservadoras en general, resaltaba no obstante la importancia de mantener programas de vigilancia sanitaria sobre los colectivos afectados.</p> <p>Estudios sobre la salud mental y el modo de vida confirman que la población afectada experimentó un sufrimiento considerable y presentó síntomas de trastorno de estrés posttraumático y otros problemas psicológicos en ocasiones graves [9].</p>
<p>*La descripción de las causas principales es un resumen de la opinión del autor.                  **PBq, Petabecquerel. Equivale a <math>1E+15</math> Bq = 1.000.000.000.000.000 (mil billones). <math>1PBq = 27.027</math> Ci                  *** Estas cifras se corresponden con las descargas directas al mar. El depósito desde la atmósfera sobre el océano Pacífico se ha estimado mediante distintos modelos pero es más un ejercicio de interés científico que práctico.</p>	

**Referencias:**

- [1] International Atomic Energy Agency, Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and their Remediation: Twenty Years of Experience, Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group "Environment", Radiological Assessment Reports Series No. 8, IAEA, Vienna (2006).
- [2] International Atomic Energy Agency, The Fukushima Daiichi accident. IAEA, Vienna (2015).
- [3] United Nations, Sources and Effects of Ionizing Radiation (Report to the General Assembly), UNSCEAR 2008 Report, Vol. II, Scientific Annex D, Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), UN, New York (2011).
- [4] T. Homma (Japan Atomic Energy Agency), comunicación directa (2012).
- [5] Société Française de Radioprotection. Journée Technique «Chernobyl, 30 Ans Après». 15 Mars 2016 (disponible en <http://www.sfrp.asso.fr/manifestations/manifestations/tchernobyl-30-ans-apres.html>,9,38,0,0,2610).
- [6] Wakeford, R. Chernobyl and Fukushima, We are We Now?. J. Radiol. Prot. 36 (2016) E1-E5 (2016).
- [7] United Nations, Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation (Report to the General Assembly), UNSCEAR 2013 Report, Vol. I, Scientific Annex A: Levels and Effects of Radiation Exposure Due to the Nuclear Accident after the 2011 Great East-Japan Earthquake and Tsunami, Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), UN, New York (2014).
- [8] World Health Organization, Health Risk Assessment from the Nuclear Accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami, Based on a Preliminary Dose Estimation, WHO, Geneva (2013).
- [9] Hasegawa et al., Health effects of radiation and other health problems in the aftermath of nuclear accidents, with an emphasis on Fukushima. Lancet; 386: 479-88 (2015).

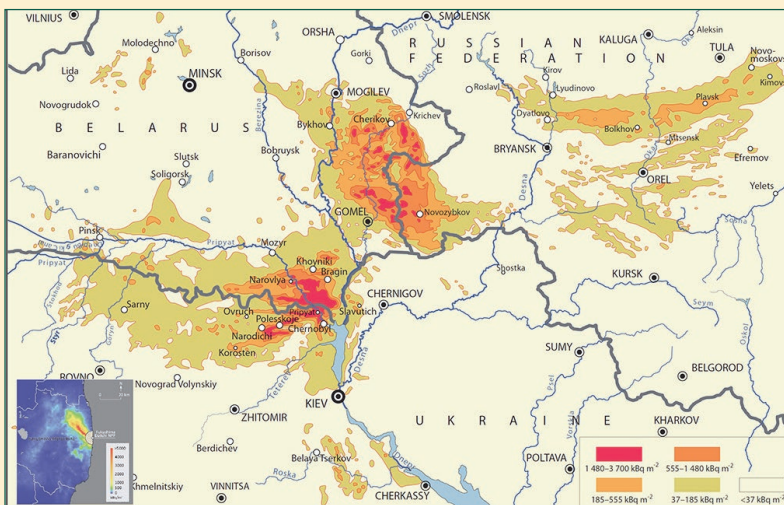


Figura 1. Mapa comparativo de los depósitos de Cs-137 causados por los accidentes de Chernóbil y Fukushima, a similar escala espacial. (Elaborado a partir de [3] y [2]).



## Detección del daño genético inducido por altas dosis a las radiaciones ionizantes: aplicaciones en dosimetría biológica

Mediante el convenio entre el Consejo de Seguridad Nuclear y la Universidad Autónoma de Barcelona "*Detección del daño genético inducido por las radiaciones ionizantes en células en interfase: aplicaciones en dosimetría biológica*", se pusieron a punto distintas metodologías que permiten estimar exposiciones a dosis absorbidas (a partir de este punto denominadas solo como dosis) muy elevadas, en este resumen se explican los resultados obtenidos en el convenio.

Cuando se produce un accidente radiológico es muy importante estimar las dosis absorbidas debidas a la radiación ionizante que hayan podido recibir las personas expuestas. Una correcta comprensión del accidente permite la mejor atención médica posible de las personas involucradas, y para ello en radioprotección existen diversas metodologías que ayudan a reconstruir las posibles dosis recibidas. Una de estas metodologías es estimar la dosis a partir de un parámetro biológico, lo que se denomina dosimetría biológica. La radiación ionizante, al interactuar con la materia viva, produce cambios en las biomoléculas, si estos cambios son suficientemente perdurables y muestran una buena relación dosis efecto pueden utilizarse como biomarcadores de dosis. Si bien se han propuesto diversos biomarcadores, el más ampliamente aceptado y extendido entre los laboratorios de dosimetría biológica, es el recuento de cromosomas dicéntricos presentes en linfocitos de sangre periférica. Los cromosomas dicéntricos son específicos de las radiaciones ionizantes, y su frecuencia basal en individuos no expuestos es muy baja de 1-2 dicéntricos cada mil células. Mediante el recuento de cromosomas dicéntricos se puede estimar con bastante precisión las dosis en casos de exposiciones agudas y recientes. Un elemento imprescindible para poder realizar estudios de dosimetría biológica es que cada laboratorio debe de producir previamente sus curvas de calibración dosis efecto. Estas curvas se realizan irradiando homogéneamente muestras de sangre periférica *ex vivo* a dosis de entre 0 y 5 Gy. Para este rango de dosis y para radiaciones de baja LET, como X y rayos gamma, la relación dosis-efecto se ajusta bien a un modelo lineal-cuadrático. Además después de una irradiación homogénea la distribución de dicéntricos entre las células sigue una distribución de Poisson. En casos accidentales cuando se observa una desviación de la distribución de Poisson se determina que la exposición ha sido parcial, es decir que sólo ha afectado a una parte del cuerpo, y se estima la dosis recibida en la fracción del cuerpo irradiada. Cabe señalar que algunos accidentes han mostrado la necesidad de evaluar exposiciones a dosis más altas de los mencionados 5 Gy, ya sean a cuerpo entero o parciales. No sólo porque

- se producen, generalmente relacionados con procedimiento de radiografía industrial, sino también porque ha habido una mejora en la atención médica de grandes irradiados, y existe el desarrollo de nuevos fármacos que actúan como los mitigadores del síndrome de irradiación aguda.

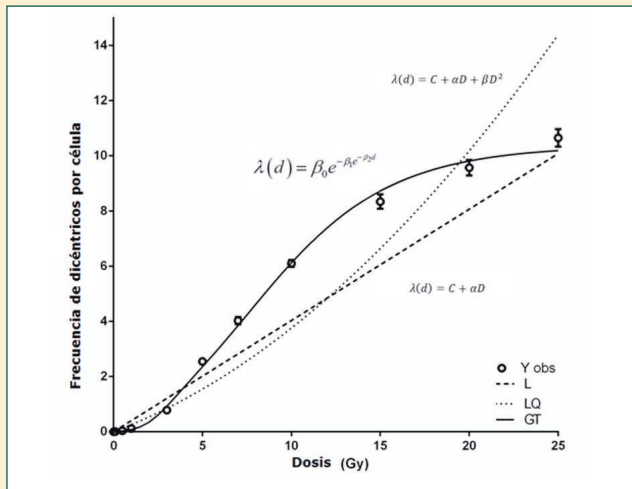
El análisis de cromosomas dicéntricos tal y como se realiza actualmente no es adecuado para estimar dosis superiores a 5 Gy. Los linfocitos de sangre periférica se encuentran en una fase quiescente, y para analizar los cromosomas los linfocitos se deben de estimular a entrar al ciclo celular para poder analizar células en metafase. Sin embargo a medida que la dosis de exposición aumenta el número de linfocitos capaces de alcanzar metafase disminuye. Después de una exposición a altas dosis las células fuertemente dañadas, muestran un retraso o incluso la imposibilidad de progresar a través de los distintos puntos de control del ciclo celular, concretamente del punto de control G2/M que existe junto antes de entrar a la mitosis. Una manera de superar el bajo índice mitótico tras una dosis elevada de radiaciones ionizantes es inhibiendo el punto de control G2/M utilizando un tratamiento de cafeína [Pujol et al. (2012) *Radiat Prot Dosimetry* 149: 392-398]. Mediante esta metodología se han analizado las metafases de linfocitos irradiados a 25 Gy (Figura 1).



**Figura 1.** Metafase altamente dañada después de irradiar linfocitos de sangre periférica a una dosis de 25 Gy. La célula muestra tres dicéntricos, dos tricéntricos y dos tetracéntricos, lo que equivale a 13 dicéntricos equivalentes. La célula también contiene un cromosoma en anillo y numerosos fragmentos acéntricos.

Cuando se incluyen altas dosis, la relación dosis-efecto no se ajusta a una función lineal cuadrática, sino que la frecuencia de dicéntricos se ajusta a una función de tipo Gompertz (Figura 2), el nuevo modelo tiene en cuenta la saturación del número de dicéntricos por célula a altas dosis. El cariotipo humano tiene 46 cromosomas, por tanto el número teórico máximo de dicéntricos es de 23. El nuevo modelo se validó simulando tanto irradiaciones parciales como totales [Pujol et al (2014) *PLoS One*, 2;9(12):e114137].

Otro avance realizado ha sido proponer un nuevo modelo matemático para la estimación de irradiaciones no-homogéneas. En dosimetría biológica, se considera una exposición como



**Figura 2.** Frecuencia de dicéntricos observada tras la irradiación de muestras de sangre periférica a dosis de entre 0 y 25 Gy (Y obs). Ajuste de las frecuencias observadas a tres modelos: modelo lineal (L), lineal cuadrático (LQ) y tipo Gompertz (GT). Las barras de error indican la incertidumbre estándar de las frecuencias observadas.

no homogénea cuando la distribución de dicéntricos por célula muestra sobredispersión respecto a la distribución de Poisson. Cuando esto ocurre, y desde 1969, todas las exposiciones no homogéneas se consideran parciales, y se supone que sólo hay una mezcla de células irradiadas y no irradiadas. Los métodos para estimar la dosis en la fracción irradiada se basan en separar las células sin aberraciones que provienen de las fracciones irradiadas. El nuevo modelo que proponemos [Pujol et al. (2016) Radiat Res.185:151-162] presenta un nuevo enfoque basado en la mixtura de distribuciones de Poisson, y permite distinguir entre las exposiciones parciales y heterogéneas, en las que el cuerpo haya recibido dos o más irradiaciones. El modelo se validó para dosis bajas 2 Gy, altas 7 Gy, y muy altas 17 Gy, permitiendo estimar tanto las dosis recibidas por las distintas fracciones irradiadas como el porcentaje de cada fracción. A partir de los resultados obtenidos, se propone este modelo basado en la mixtura de distribuciones de Poisson para una mejor evaluación de las exposiciones no homogéneas.

Equipo de Investigación en la UAB: Mònica Pujol, Pedro Puig, Leonardo Barrios, María Rosa Caballín y Joan Francesc Barquinero  
Responsable del Proyecto en el CSN: Asunción Díez.

## Proyectos internacionales Modaria y Modaria II

El proyecto Modaria (*Modelling and Data for Radiological Impact Assessments*), organizado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) durante los años 2012 a 2015, ha dado continuidad a los esfuerzos que el Organismo viene realizando desde 1985 con el fin de mejorar las capacidades predictivas en el campo de las evaluaciones de dosis efectivas, mediante la adquisición de mejores datos para los modelos, las pruebas e intercomparaciones entre los modelos, el consenso en cuanto a la filosofía de los modelos y de sus resultados, la definición de parámetros y sus valores, el desarrollo de métodos mejorados y el intercambio de información.

- Estos esfuerzos comenzaron en 1985 con los ejercicios internacionales BIOMOVs (*Biospheric Model Validation Study*) y BIOMOVs II, iniciados por la Autoridad Sueca de Radiaciones, seguidos por los programas patrocinados por el OIEA; VAMP (*Validation of Model Predictions*, 1988), Biomass (*Biosphere Modelling and Assessment*, 1996), EMRAS (*Environmental Modelling for Radiation Safety*, 2003) y EMRAS II (2009). Modaria ha continuado con el trabajo previo desarrollado en esos programas en la modelización radioecológica, enfocándose en aquellas áreas donde aún existen incertidumbres importantes en las capacidades predictivas de los modelos. Así las actividades dentro del proyecto han hecho énfasis en la mejora de los modelos de transferencia en el medio ambiente con el fin de reducir sus incertidumbres o en el desarrollo de nuevas aproximaciones que fortalecieran las evaluaciones radiológicas al hombre, a la fauna y a la flora, debidas a los radionucleidos en el medioambiente. El proyecto ha constado de 10 grupos de trabajo separados en cuatro áreas:

### Rehabilitación de zonas contaminadas

- Grupo de Trabajo 1. Estrategias de rehabilitación y técnicas de ayuda a la decisión.
- Grupo de Trabajo 2. Exposiciones en ambientes urbanos contaminados y efecto de las medidas correctoras.
- Grupo de Trabajo 3. Aplicación de los modelos de evaluación del impacto radiológico debidos a NORM y a emplazamientos heredados contaminados radiológicamente para apoyar la gestión de la rehabilitación.

### Incertidumbres y variabilidad


- Grupo de Trabajo 4. Análisis de datos radioecológicos en las publicaciones de Colecciones de Informes Técnicos del OIEA para la identificación de radionucleidos clave y los valores de los parámetros asociados para la evaluación de la exposición a los seres humanos y la biota.
- Grupo de Trabajo 5. Análisis de incertidumbres y variabilidades para la evaluación del impacto radiológico debido a las descargas rutinarias de radionucleidos.
- Grupo de Trabajo 6. Marco conjunto para hacer frente a los cambios medioambientales en las evaluaciones de seguridad a largo plazo de las instalaciones de gestión de residuos radiactivos.
- Grupo de Trabajo 7. Armonización e intercomparación de modelos para vertidos de tritio accidentales.

### Exposiciones y efectos a la biota

- Grupo de Trabajo 8. Modelización en la biota: Desarrollos futuros de modelos de transferencia y exposición y aplicación a escenarios.
- Grupo de Trabajo 9. Modelos para la evaluación de los efectos debidos a la radiación sobre las poblaciones de especies de la biota.

### Modelos marinos

- Grupo de Trabajo 10. Modelización de la dispersión marina y la transferencia de radionucleidos vertidos de forma accidental desde instalaciones situadas en tierra.

Además de todas las presentaciones que se han realizado para el trabajo de cada grupo, que ya se encuentran colgadas, el OIEA publicará el informe final de cada grupo a lo largo de 2016 en su web .

Durante las últimas reuniones de Modaria, celebradas en su sede en Viena y a la vista de los resultados que iban obteniendo los distintos grupos de trabajo, se presentaron las ideas del OIEA sobre aquellos asuntos que aun necesitaban mayores esfuerzos así como propuestas de posibles grupos de trabajo que pudieran dar lugar al nuevo proyectos Modaria II.

El OIEA pretende con este nuevo programa alcanzar varios objetivos, principalmente dar soporte en la aplicación de los nuevos requisitos regulatorios a los estados miembros, mejorar las capacidades predictivas de las evaluaciones del impacto radiológico, llevar a cabo evaluaciones en situaciones planificadas, de emergencia y existentes tanto para el humano como para la biota y representar un foro de discusión e intercambio de experiencias entre los expertos. Con estos objetivos, y en base a las lagunas aún existentes, se desarrolló un listado de potenciales temas de interés para el Organismo que pudieran servir como base para la elaboración de propuestas de grupos de trabajo para Modaria II.

De este modo durante la última sesión de Modaria se presentaron 14 propuestas de posibles desarrollos que podrían llevarse a cabo en el nuevo proyecto, con una duración de tres años. Los títulos de los posibles proyectos fueron:

- *Marine modelling: emergency rapid response and assessment of the subsequent transfer and fate of radionuclides.*
- *Models for assessing radiation effects on populations of wild-life species.*
- *Biota modelling.*
- *Review and enhancement of IAEA-BIOMASS-6 (2003) Reference Biospheres Methodology.*
- *Climate and landscape development in the context of long-term assessment.*
- *Integrating dose assessments for humans and the biota in routine discharges of radionuclides.*
- *Testing of environmental models and model parameters for tropical environment.*
- *Future field experiments and regulatory-grade model development for acute and chronic releases.*
- *Time-dependent environmental transfer parameters of radionuclides released from Fukushima nuclear accident to the environment.*
- *Kd Database.*
- *Radiation Exposure in the Troposphere after an Emergency Affecting Passengers, Crew and Aircraft.*
- *Air dispersion forecast as support to field actions for population protection-validation.*
- *Modelling of Urban Environment.*
- *NORM and Legacy Sites. Safety Assessment in Support to Remediation.*
- *Decision Making: The Reason We Model.*
- *Decision Making in Existing Exposure Situations.*

Todas las presentaciones que se realizaron sobre las propuestas pueden descargarse desde este enlace: <https://goo.gl/Vv7POv>

El OIEA va a organizar una reunión con diversos expertos en la materia con el fin de definir, a partir de esas propuestas, la estructura y temas de trabajo del proyecto Modaria II. La intención del Organismo es que el número de grupos de trabajo sea inferior o como máximo igual al número de grupos que existieron en Modaria. Esa estructura en cualquier caso se dará a conocer con anterioridad a la primera reunión del

- proyecto, que ya se definió que se organizará la semana del 31 de octubre al 4 de noviembre de 2016.

Juan Carlos Mora

Líder del Grupo de Trabajo 5 de Modaria - CIEMAT

## El proyecto del NIEHS sobre radiofrecuencias y cáncer próximo a su conclusión

- El Instituto Nacional de Ciencias de Salud Ambiental de los Estados Unidos (NIEHS) viene financiando, con una inversión superior a 25 millones de dólares en el último decenio, un proyecto que evalúa la posible relación entre la exposición a radiofrecuencias (RF) de telefonía móvil y un incremento en la incidencia de cáncer en animales de laboratorio. Este proyecto, conocido como *RF-NTP Project*, siendo el más caro y ambicioso en la historia del Programa Nacional de Toxicología de los Estados Unidos, viene generando gran expectación acerca de sus resultados. Esto, unido al hecho de que el NIEHS se ha mostrado hasta ahora poco ágil a la hora de publicar los resultados del proyecto, ha puesto a este prestigiado instituto público en el centro de la controversia sobre la potencial relación entre las señales de radiofrecuencia (RF) emitidas por los teléfonos móviles y determinados tipos de cáncer. Controversia que se ha venido acentuando desde que en 2011 la Agencia Internacional para la Investigación en Cáncer (IARC, WHO) clasificó las radiaciones no ionizantes en el espectro RF como "posibles carcinógenos" clase 2B (véase RADIOPROTECCIÓN 68, 2011.)

- El retraso en la publicación de los resultados, unido al hecho conocido de que algunos experimentos piloto del proyecto habían revelado reducción significativa en el peso de ratas jóvenes expuestas en fases perinatales a señales de telefonía GSM y CDMA, llevó a algunos medios a plantear hipótesis sobre un posible pacto de silencio entre NIEHS y sectores interesados de la industria o las finanzas. Tales sospechas se vieron reforzadas cuando, a principios de este año, se publicaron los resultados de una investigación liderada por un laboratorio alemán (Lerchl et al., *Biochem Biophys Res Commun.* 2015, 459:585-90) que mostraban que la exposición a señales usadas en telefonía de tercera generación UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) puede promover el crecimiento de tumores en ratones.

- Estos hechos han incrementado la presión sobre el NIEHS para que libere los resultados del RF-NTP. Para ello, algunos de los demandantes de esa información no ha dudado en recurrir a la Ley de Libertad de Información (*Freedom of Information Act, FOIA*), que concede a los estadounidenses el derecho a acceder a información y datos generados con fondos del Gobierno Federal.

- En respuesta a tales demandas, el responsable de información del NIEHS, R. Mackay, ha declarado en un texto emitido a través de correo electrónico: "Hay varios manuscritos en preparación que describirán la estructura y el funcionamiento del sistema de exposición de la cámara de reverberación, y los resultados de los estudios piloto sobre los efectos en ratones y ratas de la exposición RF de corto plazo, incluyendo la temperatura y el peso corporal, y la supervivencia, así como las evaluaciones de daños en el ADN. Anticipamos el envío a revistas muy pronto. La mayor parte de la vida de los estudios se ha completado y los animales se encuentran actualmente en el proceso de análisis de patológico."

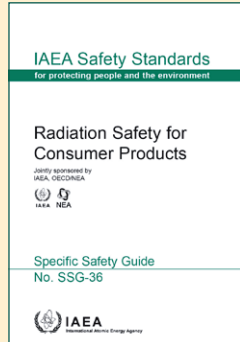
María Ángeles Trillo, Hospital Universitario Ramón y Cajal.



## Publicaciones OIEA

### RADIATION SAFETY FOR CONSUMER PRODUCTS


IAEA *Specific Safety Guide* No. SSG-36



Esta guía de seguridad tiene alcance sólo para productos finales que contienen pequeñas cantidades de radionucleidos y para los que la exención en cuanto a control reglamentario es correcta. Esta guía aborda el proceso de toma de decisiones para permitir la fabricación o la importación de productos de consumo, así como las distintas etapas del ciclo de vida de estos elementos después de la fabricación, incluyendo transporte, almacenamiento, suministro,

uso, reciclaje y eliminación.

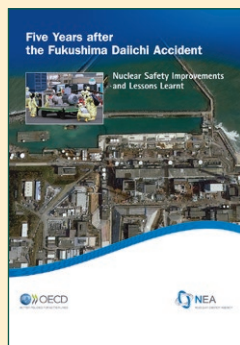
Además, la guía de seguridad también incluye objetos tales como piedras preciosas (irradiadas) en las que los radionucleidos se producen por activación, que también pueden ser ofrecidos al público.

Disponible en: 

## Publicaciones NEA


### FIVE YEARS AFTER THE FUKUSHIMA DAIICHI ACCIDENT: NUCLEAR SAFETY IMPROVEMENTS AND LESSONS LEARNT

NEA No. 7284



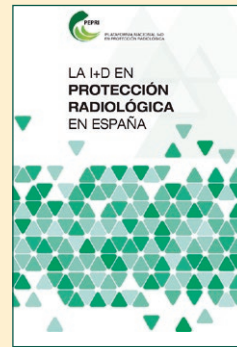
Esta publicación recoge la actualización de las acciones llevadas a cabo y las lecciones aprendidas tras el accidente de Fukushima Daiichi, incluyendo: las actividades emprendidas por las autoridades miembros de la NEA que han concluido con el establecimiento de nuevos requisitos en diferentes áreas de las plantas nucleares, actividades destinadas a mejorar el marco regulador en los países miembros, actividades de investigación para adquirir nuevos conocimientos y así poder comprender el accidente en sí, actividades implementadas para mejorar la preparación de la emergencia, la protección radiológica y mejoras legales.

Este informe se centra en las acciones tomadas por la NEA y sus países miembros, y como tal, es complementario a los informes generados por otras organizaciones internacionales como el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) y la Asociación Mundial de Operadores Nucleares (WANO)

Disponible en: 

## Publicaciones PEPRI


### LA I+D EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN ESPAÑA



En esta publicación de la Plataforma de I+D PEPRI se han descrito los antecedentes de la I+D en Protección Radiológica (PR) en España, la situación actual de la misma, los diferentes programas en marcha que contemplan de una manera directa o indirecta la I+D en PR y se adjuntan además, los resultados de la encuesta que PEPRI realizó a sus miembros en el periodo 2009 – 2014, para conocer las actividades de I+D en PR realizadas, en base a los cuales se ha preparado

una recopilación de las entidades y recursos para cada Área y Subárea.

Finalmente se muestran los resultados que han dado lugar las actividades de la I+D, los cuales se han plasmado en más de 1.100 publicaciones científicas reportadas por los diferentes actores de la I+D mencionados en esta publicación, así como la distribución de estas publicaciones por área temática

Disponible en: 


## Publicaciones EURADOS

### REGLAMENTO (Euratom) 2016/52 DEL CONSEJO DE 15 DE ENERO DE 2016



El pasado 15 de enero de 2016 entró en vigor el nuevo Reglamento (Euratom) sobre tolerancias máximas de contaminación radiactiva de alimentos y piensos en caso de accidente nuclear o emergencia radiológica, y se deroga el Reglamento (Euratom) n° 3954/87 del Consejo y los Reglamentos (Euratom) n° 944/89 y (Euratom) n° 770/90 de la Comisión.

Mediante el nuevo Reglamento 2016/52 se establece el procedimiento legal que permite actuar de forma urgente en caso de accidente nuclear. El nuevo Reglamento aplica tolerancias máximas tanto a los alimentos y a los piensos producidos por en la Unión Europea, como a los alimentos y piensos importados desde terceros países en función de la ubicación y las circunstancias del caso.

Disponible en: 

## MAYO

### • **Joint ICTP-IAEA Workshop on Computed Tomography: Quality Control, Dosimetry and Optimization**

Entre el 2 y 13 de mayo del 2016, tendrá lugar en la sede del Centro Internacional de Física Teórica de la Unesco (Str. Costiera, 11, Trieste, Italia) un taller de tomografía computarizada organizado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y el Centro Internacional de Física Teórica (ICTP). El propósito del taller es intercambiar conocimientos avanzados sobre la física y las innovaciones tecnológicas aplicadas en la tomografía computarizada (TC), los procedimientos de control de calidad y dosimetría. Las estrategias de optimización para lograr una calidad de imagen de diagnóstico a menor dosis de radiación, también se abordarán ampliamente. El taller está dirigido a físicos médicos con experiencia de trabajo en hospitales, y profesores de física médica y formación de posgrado de todos los países (incluidos los países en desarrollo). Los científicos y estudiantes de todos los países que son miembros de las Naciones Unidas, la Unesco o OIEA también pueden asistir al taller.

En el siguiente enlace y documento adjunto los interesados podrán encontrar más información, consultar el programa, acceder al formulario de inscripción, etc. La cuota de inscripción es gratuita y la fecha límite de inscripción es el 10 de febrero 2016.

Más información:  Disponible en: 

### • **IRPA 14 - Novedades: 3º anuncio**

El decimocuarto congreso IRPA se celebrará del 9 al 13 de mayo de 2016 en el Centro Internacional de Convenciones de Ciudad del Cabo (Sudáfrica) bajo el lema *Practising Radiation Protection*.

Esta edición coincide con el 50º aniversario de la celebración del primer Congreso IRPA y además es el primero en celebrarse en el continente africano.

Forman parte del Comité Científico del Congreso nuestras socias Teresa Ortiz, Beatriz Robles y Mercè Ginjaume.

El plazo de inscripción a cuota reducida termina el 31 de enero de 2016, subiendo su importe progresivamente después.

En el siguiente enlace los interesados podrán encontrar más información, consultar el programa, realizar el registro, etc.

Más información:  Disponible en: 

### • **V Terrestrial Radionuclides in Environment International Conference on Environmental Protection**

Entre los días 17 y 20 de mayo de 2016 se celebrará una Conferencia Internacional sobre los radionucleidos terrestres en el medioambiente organizada por el Instituto de Radioquímica y Radioecología de la Universidad de Pannonia y la organización social de remediación radioecológica. El evento tendrá lugar en la Universidad de Pannonia (Edificio "B", Sala de conferencias de la 2ª planta), Egyetem str. 10, Veszprém-Hungría, H-8200.

El objetivo de la conferencia es dar una oportunidad para que los expertos húngaros y extranjeros y los grupos de trabajo puedan hablar sobre los diferentes problemas existentes hasta la fecha relacionados con los radioisótopos

terrestres y los retos científicos actuales. Con esta reunión se ofrecerá la oportunidad para que los científicos presenten sus resultados y se puedan iniciar colaboraciones futuras. La conferencia es de gran importancia para ampliar los conocimientos, experiencia y mantener grupos de trabajo e investigadores locales e internacionales en contacto.

Los temas centrales de la conferencia serán:

- El radón y torón en el medio ambiente, mapeo del radón.
- Métodos de mitigación del radón.
- Presencia de radioisótopos terrestres en el medioambiente, fenómenos de equilibrio, métodos de medida.
- Contenido de radionucleidos en los alimentos y el agua.
- Las regulaciones relacionadas con radionucleidos.
- Contenido de radionucleidos en materiales de construcción.
- Problemas NORM.
- Cuestiones de Fukushima.

En el siguiente enlace y pdf adjunto los interesados podrán encontrar más información, consultar el programa, registrarse, etc. La fecha límite de presentación de resúmenes es el 25 de marzo y la correspondiente al registro online es el 10 de mayo.

Más información:  Disponible en: 

### • **International Conference on Advancing the Global Implementation of Decommissioning and Environmental Remediation Programmes**

Entre el 23 y el 27 de mayo del 2016, tendrá lugar en Madrid una conferencia Internacional sobre el avance de la implementación de los programas de desmantelamiento y remediación ambiental organizada por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

En la conferencia se expondrán y revisarán los retos, logros y lecciones aprendidas de los programas de desmantelamiento y remediación ambiental que se han implementado durante la década pasada.

Los objetivos clave serán:

- La sensibilización sobre la importancia de abordar los legados de actividades pasadas.
- La identificación de las necesidades prioritarias actuales.
- Proporcionar recomendaciones sobre estrategias y enfoques que puedan permitir y mejorar la aplicación segura y rentable de los programas nacionales e internacionales durante la próxima/s década/s.

En el siguiente enlace y documentos adjuntos los interesados podrán encontrar más información, formularios, etc. Los interesados deberán registrarse con antelación a través de la página web de la conferencia y remitir los formularios correspondientes.


Más información:  Disponible en: 

### • **Fourth International Conference on Radiation and Applications in Various Fields of Research**

Entre el 23 y el 27 de mayo de 2016 tendrá lugar la Cuarta Conferencia Internacional sobre la radiación y aplicaciones en diversos campos de la investigación (RAD 2016) que se celebrará en Nis, Serbia. El Congreso está organizado por la Asociación de RAD en colaboración con la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Nis.

El objetivo de la Conferencia es proporcionar un foro para investigadores y profesionales de diversos campos (biología, química, física, medicina, protección del medio ambiente, electrónica, etc) que trabajan con las radiaciones ionizantes y no ionizantes, así como otras áreas vinculadas a ellos, para intercambiar y discutir sus hallazgos y experiencias. El programa de la conferencia incluye conferencias de actualidad, presentaciones orales y posters. El idioma oficial de la Conferencia es el inglés.

En el siguiente enlace los interesados podrán encontrar más información, consultar el programa, las posibilidades de alojamiento, realizar la inscripción, etc.

Más información: 

## JUNIO

### • Ricomet 2016


Entre el 1 y el 3 de junio de 2016 tendrá lugar la Segunda Conferencia Internacional sobre la percepción del riesgo, comunicación y ética de la exposición a la radiación ionizante (Ricomet 2016) que se celebrará en el Hotel Caro de Bucarest (Bd. Barbu Vacarescu, 164 A Sector 2).

El objetivo de la Conferencia es continuar el diálogo iniciado por Ricomet 2015 sobre cuestiones sociales y éticas en Protección Radiológica y la participación del público relacionado con la ciencia nuclear, tecnología e innovación.

Los puntos centrales de este año serán:

- La creación de un plan estratégico de investigación en Ciencias Sociales y Humanidades en Protección Radiológica y
- La formulación de políticas relacionadas con diferentes aplicaciones de las radiaciones ionizantes.

Representantes de plataformas técnicas tales como Neris, Eurados, ER-Alianza y Melodi se reunirán para discutir el enfoque de futuras investigaciones del campo de la protección radiológica. Los representantes políticos tendrán la oportunidad de participar en diálogos con diversas partes interesadas, incluyendo expertos y representantes de la sociedad civil con el objeto de mejorar la gestión del riesgo radiológico. En el siguiente enlace los interesados podrán encontrar más información, las posibilidades de alojamiento, realizar la inscripción, etc.

Más información: 

### • ISOE International Symposium on occupational exposure management at nuclear facilities

Entre el 1 y el 3 de junio de 2016 tendrá lugar en Bruselas (Bélgica) un congreso internacional sobre la gestión de la dosis ocupacional en instalaciones nucleares organizado por el sistema de información de exposición ocupacional (ISOE) en colaboración con Electrabel. La Agencia de la Energía Nuclear de la OCDE (NEA) y el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) copatrocinan este simposio.

Los principales objetivos del congreso son:

- Proporcionar un gran foro de intercambio de información de las exposiciones ocupacionales en centrales nucleares (prácticas, gestión, procedimiento, reducción de dosis, mejoras de técnicas y herramientas, etc).
- Permitir que suministradores puedan presentar sus últimas experiencias y desarrollos en materia de protección radiológica (técnicas de medida, funcionamiento y mejoras en

el diseño de las plantas, prácticas Alara durante la operación y paradas, etc.).

Los interesados podrán encontrar más información en el siguiente enlace y documentos adjuntos. En los documentos adjuntos los interesados podrán consultar el programa y acceder a los formatos de inscripción y solicitud de cabinas de exposición.

Más información:  Disponible en: 

### • V European IRPA Congress

Entre los días 4 y 8 de junio de 2018 se celebrará el quinto Congreso Europeo IRPA en La Haya, organizado por la Sociedad Holandesa de Protección Radiológica (NVS). El congreso tendrá lugar en el Foro Mundial de La Haya (Churchillplein 10, 2517 JW Den Haag, Países Bajos).

Con el objeto de "Fomentar la sostenibilidad en la protección radiológica", el congreso se centrará en los aspectos necesarios para asegurarse de que tenemos y seguimos teniendo el personal, los equipos y recursos adecuados para proteger la salud humana y el medio ambiente contra los efectos adversos de la radiación ionizante y no ionizante.

En el siguiente enlace los interesados podrán encontrar más información a medida que se vaya publicando y registrar su interés. En el pdf adjunto se puede consultar la invitación al congreso.

Más información:  Disponible en: 

### • Workshop Models fit for purpose

Entre los días 15 y 17 de junio del 2016 tendrá lugar un taller sobre la modelización en radioecología. El evento está patrocinado por Comet y tendrá lugar en el Centro Nacional de Aceleradores de la Universidad de Sevilla.

Los modelos radioecológicos son herramientas esenciales para la evaluación del impacto ambiental y riesgos en el medio ambiente de los radionucleidos.

En el taller se abordará si los modelos radioecológicos y los datos disponibles se pueden considerar como "aptos", mediante la organización de un diálogo con los modelizadores, los científicos y los interesados en este tema.

En el siguiente enlace los interesados podrán encontrar más información. Para inscribirse en el taller, los interesados deberán enviar un correo electrónico a Mirian Wangen: mirian.wangen@nmbu.no

Más información:  Disponible en: 

### • IX Jornadas sobre Calidad en el Control de la Radiactividad Ambiental

Del 15 al 17 de junio del 2016 se celebrará la novena edición de las Jornadas sobre Calidad en el Control de la Radiactividad Ambiental en Sitges (Barcelona). En esta ocasión estarán organizadas por El Laboratorio de Radiología Ambiental de la Universidad de Barcelona (LRA-UB).

El programa de las jornadas está estructurado en cuatro sesiones en las que se presentarán diferentes temas que son de interés para los profesionales de los laboratorios involucrados en el control de la radiactividad, y una sesión destinada a los Jóvenes Investigadores en la que se presentarán nuevas aportaciones relacionadas con la investigación e innovación llevada a cabo en los diferentes laboratorios.


La Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR),

dentro de su política de estímulo a la integración de los jóvenes, concederá dos ayudas de 300 €/ayuda, destinadas a sufragar los gastos de inscripción y asistencia a las VIII Jornadas, a los dos Jóvenes Investigadores cuyas ponencias sean consideradas de mayor calidad científica. Las ponencias serán valoradas una vez sean expuestas en la Sesión de Jóvenes Investigadores programada para el jueves 12 de junio. Los jóvenes investigadores interesados deberán estar realizando la tesis doctoral o haberla defendido con posterioridad a las Jornadas celebradas en Tarragona (junio 2012).

La Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) publicará en la revista **RADIOPROTECCIÓN**, a modo de artículo científico, la mejor ponencia de las seleccionadas en función de su calidad científica.

La fecha límite de envío de comunicaciones, solo abstracts-resúmenes (ponencias jóvenes investigadores), se ha prorrogado hasta el 15 de febrero de 2016.

En la página web indicada los interesados podrán inscribirse rellenando el formulario de inscripción online y consultar el programa, las posibilidades de alojamiento, etc. La fecha límite de inscripción con cuota reducida se ha prorrogado hasta el 31 de marzo de 2016.

Más información: 

## JULIO


### • SSD18 - 18th International Conference on Solid State Dosimetry

Esta conferencia internacional tendrá lugar en Múnich del 3 al 8 de julio de 2016. Los principales bloques temáticos previstos son los siguientes:

– Procesos físicos básicos

- – Materiales
- – Monitorización y detección
- – Dosimetría clínica
- – Reconstrucción de dosis y datación
- – Instrumentación y detectores

La fecha límite para el envío de resúmenes será el 16 de enero de 2016.

Más información: 

### • The International Congress on Complications in Interventional Radiology (ICCIR 2016)

Entre los días 9 y 11 de Junio de 2016 se celebrará El Congreso Internacional sobre complicaciones en radiología intervencionista (ICCIR) en el Centro de Congresos de Woerthersee (Hauptstraße 203 Pörschach am Wörthersee, Carinthia 9210 Austria).

El Congreso Internacional es un evento único y ofrece un foro para que los médicos con diversos niveles de experiencia puedan explorar las complicaciones de los procedimientos. El ICCIR pretende refinar continuamente la práctica de la radiología intervencionista para resolver las complicaciones.

El congreso permitirá a los participantes discutir abiertamente los casos que no salieron como estaba previsto, y da a los médicos jóvenes la oportunidad de interactuar directamente con los "colegas" que han experimentado este tipo de situaciones.

En el siguiente enlace los interesados podrán encontrar más información, consultar el programa, las posibilidades de alojamiento, registrarse, etc. En el pdf adjunto también se incluye el programa preliminar.

Más información:  Disponible en: 

# CURSOS 2015-2016

## MAYO 2016

### Curso de Capacitación para Supervisores de Instalaciones Radiactivas (Ciemat)

Organizado por: Ciemat (Unidad de Formación en Energía y Medio Ambiente).

Con la colaboración de: Unesa, Enresa.

Fecha y Lugar: Del 9 al 27 de mayo. Ciemat. Avda. Complutense, 40. 28040 Madrid.

Cuota: Ordinaria: 750 euros. Se prevé un nº limitado de cuotas reducidas (375 euros), para estudiantes y postgraduados en situación de desempleo.

Objetivo general: Capacitar a los técnicos interesados en adquirir la formación necesaria para optar a la licencia de supervisor de instalaciones radiactivas. El curso incluye los conocimientos específicos de los siguientes campos de aplicación: Medicina Nuclear, Radioterapia, Fuentes no encapsuladas, Radiografía Industrial y Control de Procesos y Técnicas Analíticas.

Dirigido a: Personas que deseen adquirir los conocimientos necesarios para optar a la licencia de supervisor de instalaciones radiactivas, con titulación universitaria, como mínimo, de grado medio o equivalente. Programa homologado por el CSN.

Inscripción: Del 23/11/2015 al 09/05/2016.

Inscripción on line:  Documentos: 

### • Curso de Operador de Instalaciones Radiactivas 2016 (Proinsa)

Duración: Los cursos variarán entre 36-44 horas en función de la especialidad.

Dirigido a: Dirigido a personas con formación, como mínimo, de enseñanza obligatoria o equivalente.

Objetivo: Formar a las personas que deban tramitar la licencia de operador de instalaciones radiactivas, en las especialidades de radiografía industrial, de control de procesos y técnicas analíticas, de laboratorios con fuentes no encapsuladas, o de medicina nuclear.

Precio: 800 euros (exento de IVA).

Lugar: Delegación Eulen Madrid. C/ Valle de Tobalina, 56 28021 Villaverde Alto (Madrid)

A petición de los interesados, se pueden impartir cursos fuera de nuestras instalaciones. Los precios se estimarán en función de las características de los mismos.

– Formación para operadores de II.RR. Especialidad de Radiografía Industrial. 6 al 16 y 21 y 22 de junio

– Formación para operadores de II.RR. Especialidad de Control de Procesos Y Técnicas Analíticas, 6 al 15 y 21 y 22 de junio



- Formación para operadores de II.RR. Especialidad de laboratorios con fuentes no encapsuladas. 6 al 9 y del 16 al 22 de junio
- Formación para operadores de II.RR. Especialidad de Medicina Nuclear. 6 al 9, del 13 al 16 y 21 y 22 de junio

Inscripción on line:  Documentos: 

### Cursos de formación para Supervisores de Instalaciones Radiactivas (PROINSA)

**Duración:** Los cursos variarán entre 39-54 horas en función de la especialidad.

**Dirigido a:** Personas con titulación universitaria, como mínimo, de grado medio o superior.

**Objetivo:** Formar a las personas que deban tramitar la licencia de supervisor de instalaciones radiactivas, en las especialidades de Radiografía industrial, de Control de procesos y técnicas analíticas, de Laboratorios con fuentes no encapsuladas, o de Medicina nuclear.

- **Precio:** 1080 euros (exento de IVA).
- **Lugar:** Delegación Eulen Madrid c/ Valle de Tobalina, 56
- 28021 Villaverde Alto (Madrid)
- A petición de los interesados, se pueden impartir cursos fuera de nuestras instalaciones. Los precios se estimarán en función de las características de los mismos.
- - Formación para supervisores de II.RR - Especialidad de Radiografía Industrial. 14 al 23 de noviembre y del 28 de noviembre al 2 de diciembre.
- - Formación para supervisores de II.RR. - Especialidad de Control de Procesos y Técnicas Analíticas. 14 al 18 de noviembre y del 28 de noviembre al 2 de diciembre.
- - Formación para supervisores de II.RR. - Especialidad de Laboratorios con Fuentes No Encapsuladas. 14 al 17 y del 21 al 24 de noviembre, y 1 y 2 de diciembre.
- - Formación para supervisores de II.RR. - Especialidad de Medicina Nuclear. 14 al 17 y del 21 al 25 de noviembre, y 1 y 2 de diciembre.

Inscripción on line:  Documentos: 

# noticias de **NUESTROS SOCIOS COLABORADORES**

## PHILIPS LANZA DOSEWISE PORTAL 2.0 PARA GESTIONAR EL RIESGO DE RADIACIÓN PARA PACIENTES Y PROFESIONALES

Esta nueva solución integral de software de control y gestión de la dosis de radiación permite registrar, recopilar y analizar la exposición a radiación, de tal forma que se puedan tomar decisiones basadas en datos para asegurar el bienestar del paciente y el personal.

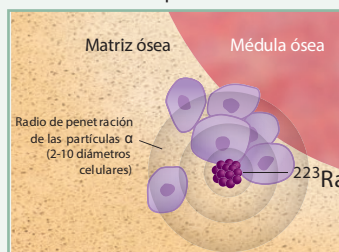
El sistema incluye una interfaz de usuario mejorada para la visualización de los datos de radiación del paciente con una sofisticada característica de reporte y alarma. DoseWise Portal 2.0 alerta a los facultativos cuando se alcanzan niveles de radiación excesivos que requieren seguimiento. La solución también se integra con DoseAware Xtend para los datos de radiación recibida por el personal, asegurando que éstos están protegidos contra los altos niveles de radiación al combinar los datos de exposición del personal y del paciente en la misma plataforma de gestión y control, lo cual ayuda a los profesionales a optimizar su exposición en tiempo real.



## PRIMER ANIVERSARIO DE DICLORURO DE RADIO-223 EN ESPAÑA

Recientemente se ha cumplido el primer aniversario del inicio de la comercialización en nuestro país de dicloruro de radio 223 indicado para el tratamiento de pacientes con cáncer de próstata resistente a castración, con metástasis óseas sintomáticas y sin enfermedad metastásica visceral conocida.

Dicloruro de Radio-223 es un agente terapéutico farmacológico emisor de partículas alfa que ha demostrado en su estudio pivotal que la supervivencia global era significativamente mayor en los pacientes tratados con Xofigo que en los pacientes tratados con placebo. Su fracción activa Ra-223 se comporta de forma similar al calcio y actúa selectivamente sobre el hueso, en concreto sobre las zonas de metástasis óseas, formando complejos con la hidroxipatita mineral ósea. La elevada transferencia lineal de energía de los emisores alfa (80 keV/micrometro) genera una alta frecuencia de roturas del ADN de doble cadena en las células tumorales adyacentes y, como consecuencia, un potente efecto citotóxico. Efectos adicionales sobre el microambiente tumoral incluyendo los osteoblastos y los osteoclastos también contribuyen a la eficacia *in vivo*. El alcance de las partículas alfa emitidas por el Ra-223 es menor



de 100 micras (menos de 10 diámetros celulares), lo que reduce al mínimo los daños en el tejido normal circundante.

Dpto. de Comunicación de Bayer.

## INFORMACIÓN PARA LOS AUTORES

### 1. PROPÓSITO Y ALCANCE:

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

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

La publicación de trabajos en *RADIOPROTECCIÓN* está abierta a autores de todo el país y distintas instituciones.

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

Todas las contribuciones se enviarán por correo electrónico a la dirección:

revista@sepr.es

### 2. RADIOPROTECCIÓN EN INTERNET

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

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

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

Las contribuciones que pueden enviarse a *RADIOPROTECCIÓN* son:

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

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

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

Los trabajos (artículos y revisiones técnicas) deberán contener:

**3.2.1. Carta de presentación.** Con cada trabajo ha de enviarse una carta de presentación que incluya el nombre, institución, dirección, teléfono, fax y correo electrónico del autor al que

hay que enviar la correspondencia. Los autores deben especificar el tipo de contribución enviada (ver apartado 3.1).

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

El título, que irá en el encabezamiento del trabajo, no tendrá más de 50 caracteres (incluyendo letras y espacios).

Se incluirá un máximo de 6 palabras clave en español y 6 palabras clave en inglés que reflejen los principales aspectos del trabajo.

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

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

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

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

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

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

**3.2.6. Anexos.** Se solicita a los autores que no incluyan anexos si el material puede formar parte del texto principal. Si fuera imprescindible incluir anexos, por ejemplo incluyendo cálculos matemáticos que podrían interrumpir el texto, deberá hacerse después del apartado referencias bibliográficas. Si se incluye más de un anexo, éstos deben identificarse con letras. Un anexo puede contener referencias bibliográficas, pero éstas deben numerarse y listarse separadamente

(A1, A2, etc.). Debe hacerse mención a los anexos en el texto principal.

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

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

**3.2.8. Figuras, gráficos y fotografías.** Las figuras deben citarse en el texto numeradas con números arábigos. **Todos los gráficos, figuras y fotografías aparecerán en color en la revista.** Las **fotografías** deberán entregarse como **imágenes digitalizadas en formato de imagen** (jpg, gif, tif, power point, etc.) con una **resolución superior a 300 ppp**. Aunque las imágenes (fotos, gráficos y dibujos) aparezcan insertadas en un documento de word es necesario enviarlas también por separado como archivo de imagen para que la resolución sea la adecuada.

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

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

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

Se seguirán las normas Vancouver para las referencias bibliográficas:

[http://es.wikipedia.org/wiki/Estilo\\_Vancouver](http://es.wikipedia.org/wiki/Estilo_Vancouver)

**3.2.10. Enlaces y descargables.** Se pueden incluir **enlaces** que los autores consideren interesantes **a direcciones web** siempre que se referencien en el texto entre paréntesis. Asimismo, se podrán incluir otros **documentos** de especial interés **para ser descargados**; para ello es necesario que dichos documentos estén **en formato pdf**, se referencien en el texto y sean **incluidos junto al resto de la documentación**.

# SOCIOS COLABORADORES



ASOCIACIÓN NUCLEAR  
ASCÓ - VANDELLÓS II, A.I.E.

