

# RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA



## RELEVO EN LA PRESIDENCIA DE LA SEPR



### ▲ **Entrevista:**

**Pío Carmena y Marisa España**

*Presidentes saliente y entrante  
de la SEPR*

- ▲ **Dosimetría de extremidades en personal sanitario de radiología intervencionista y medicina nuclear**
- ▲ **Pruebas de aceptación en equipos digitales de mamografía. Aplicabilidad de protocolos**
- ▲ **Caracterización físico-química y radiactiva de los sub-productos provenientes de la industria de dióxido de titanio para su valorización en la industria del cemento: implicaciones radiológicas**

Nº 66 • Vol. XVIII • 2011

# RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

## Directora

Beatriz Robles

## Coordinadora

Ángeles Sánchez

## Comité de Redacción

Borja Bravo

Teresa Durán

Cristina Garrido

Rosa Gilarranz

José Gutiérrez

Teresa Navarro

Lola Patiño

Matilde Pelegrí

Pedro Ruiz

Inmaculada Sierra

M<sup>º</sup> Luisa Tormo

Ángeles Trillo

Fernando Usera

## Coordinador de la página electrónica

Juan Carlos Mora

## Comité Científico

Presidente: José Gutiérrez

David Cancio, Luis Corpas, Felipe Cortés,

Eugenio Gil, Luciano González, Araceli

Hernández, José Hernández-Armas,

Ignacio Hernando, Rafael Herranz,

Pablo Jiménez, Juan Carlos Lentiño,

Xavier Ortega, Pedro Ortiz, Teresa Ortiz,

Turiano Picazo, Rafael Puchal,

Luis Quindós, Rafael Ruiz Cruces,

Guillermo Sánchez, Eduardo Sollet,

Luis M. Tobajas, Alejandro Ubeda,

Eliseo Vañó.

## Realización, Publicidad y Edición:

SENDA EDITORIAL, S.A.

Directora: Matilde Pelegrí

Isla de Saipán, 47 - 28035 Madrid

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

Correo electrónico: info@gruposenda.net

Imprime: IMGRAF, S.L.

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

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



EDICIÓN ENERO 2011

## S U M A R I O

- Editorial **3**
- Entrevista **4**
  - Pío Carmena y Marisa España  
*Relevo en la presidencia de la SEPR*
- Noticias **11**
  - de la SEPR 11
  - de España 39
  - del Mundo 45
- Colaboraciones **18**
  - Dosimetría de extremidades en personal sanitario de radiología intervencionista y medicina nuclear  
*M. Ginjaume, S. Pérez, A. Carnicer, X. Ortega, M.L. Tormo, I. Amor y M. Rodríguez* 18
  - Pruebas de aceptación en equipos digitales de mamografía. Aplicabilidad de protocolos.  
*R. Bermúdez, M.L. España, P. García Castañón, A. Gómez Barrado, G. Rodríguez Martín y V. Fernández Bedoya* 25
  - Caracterización físico-química y radiactiva de los sub-productos provenientes de la industria de dióxido de titanio para su valorización en la industria del cemento: implicaciones radiológicas  
*M.J. Gázquez, J. Mantero, J.P. Bolívar, R. García-Tenorio y F.Vaca* 32
- Proyectos de Investigación **53**
- Publicaciones **54**
- Convocatorias y Cursos **56**

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.

# Editorial

Este es el primer número de **RADIOPROTECCIÓN** desde que quedó constituida la nueva Junta Directiva de nuestra Sociedad, y queremos que sirva también como tarjeta de presentación de la nueva Junta Directiva a todos los socios y colaboradores de la SEPR.

Tenemos que agradecer a la Junta Directiva saliente y a los miembros de las Comisiones y Grupos de trabajo, la gran tarea que han realizado cumpliendo los objetivos del Plan estratégico, y haciendo que la SEPR tenga cada vez más presencia tanto en el ámbito social como científico. Esperemos que partiendo del nivel de excelencia que nos han dejado, afiancemos los proyectos en marcha y construyamos los cimientos de nuevos objetivos, y este es un reto para el que os pedimos no solo vuestra confianza, sino también vuestra ayuda y colaboración.

Las actividades científicas y publicaciones de la SEPR son el núcleo fuerte de nuestra actividad, y aunque sabemos el grado de dedicación que nos exigen nuestros respectivos trabajos, os animamos a colaborar en ellas para que no sean el reflejo de un esfuerzo individual, sino del esfuerzo colectivo de todos nosotros. Debemos ser conscientes que cualquier esfuerzo individual tiene el riesgo de perderse, mientras que el trabajo en equipo es un valor añadido que engrandece los éxitos obtenidos.

Tanto nuestra revista como nuestra página web se han convertido en un referente en el ámbito de la protección radiológica en habla hispana y tenemos el compromiso de seguir potenciándolas. Deben continuar siendo el vehículo de transmisión de conocimientos entre los socios, y de difusión de las bases de protección radiológica en la Sociedad. Los componentes de la Comisión de Publicaciones han estado haciendo un trabajo excepcional, y estamos seguros que los nuevos miembros van a potenciar la diversidad y rigor de esta Comisión. Las nuevas tecnologías nos ofrecen la posibilidad de optimizar nuestras publicaciones, de forma que su difusión y revisión sea mucho más sencilla. En este sentido potenciaremos que la mayoría de las publicaciones sean productos web, y que nuestra página web se convierta en un referente en materia de protección radiológica.

Los tres artículos científicos que constituyen el núcleo de este número, representan tres áreas muy importantes de nuestra actividad, la dosimetría ocupacional, los protocolos de control de calidad del equipamiento, y la caracterización radiactiva de subproductos industriales. Nuestro objetivo es que todos los avances científicos en todas las áreas de actividad de nuestros socios estén representados en **RADIOPROTECCIÓN**, y por ello os animamos a que enviéis artículos, colaboraciones ó notas técnicas, porque ello nos facilitará a todos realizar nuestro trabajo diario sobre bases más actualizadas de conocimiento.

El Congreso conjunto de Sevilla 2011 es ahora mismo nuestro objetivo a corto plazo, en el que os animamos a participar para que sea la representación del estado del arte de la protección radiológica en nuestro país. Debemos ser conscientes de la envergadura de un proyecto de este tipo, del trabajo y esfuerzo que lleva implícito para nuestros compañeros de los Comités Organizador y Científico. Para ello no hay recompensa suficiente sino es que todos nos sintamos copartícipes de este proyecto, aportando nuestros trabajos, experiencias y críticas constructivas, y valorando Sevilla 2011 como un éxito de ambas Sociedades.

Tenemos grandes retos por delante, pero el mayor es mantener la ilusión en lo que hacemos, y hacerlo mejor cada día, y para ello os pedimos vuestra colaboración y vuestro apoyo para que la SEPR esté a la altura de vuestras expectativas.

Marisa España  
Presidenta de la SEPR



## Secretaría Técnica

Capitán Haya, 60  
28020 Madrid  
Tel.: 91 749 95 17  
Fax: 91 570 89 11

Correo electrónico: [secretaria.sociedades@medynet.com](mailto:secretaria.sociedades@medynet.com)

## Junta Directiva

Presidenta: M<sup>º</sup> Luisa España  
Vicepresidente: Eduardo Gallego  
Secretaría General: Beatriz Robles  
Tesorero: Alejandro Úbeda  
Vocales: M<sup>º</sup> Angeles García, Óscar González,  
Borja Rosell, Carmen Rueda, Pedro Ruiz y  
Rosario Salas.

## Comisión de Actividades Científicas

Presidenta: M<sup>º</sup> Luisa España  
Secretaría: Isabel Villanueva  
Vocales: Josep Baró, Francisco Carreras,  
Francisco García, Margarita Herranz,  
M<sup>º</sup> Luisa Marco, Beatriz Robles,  
Carmen Rueda, Guillermo Sánchez de León,  
Ricardo Torres, Alejandro Úbeda, Rosa Villarroel

## Comisión de Publicaciones

Presidenta: Teresa Navarro  
Secretaría: Beatriz Robles  
Vocales: Juan Carlos Mora, José Gutiérrez

## Comisión de Asuntos Económicos y Financieros

Presidenta: Alejandro Úbeda  
Vicepresidente: M<sup>º</sup> Luisa España  
Vocales: Cristina Correa, Eduardo Gallego,  
M<sup>º</sup> Jesús Muñoz, M<sup>º</sup> Teresa Ortiz,  
Beatriz Robles, Carmen Vallejo

## Comisión de Asuntos Institucionales

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

# Pío CARMENA y Marisa ESPAÑA

## Presidentes saliente y entrante de la SEPR

Como es ya tradicional, RADIOPROTECCIÓN es testigo del proceso de sucesión entre las juntas directivas de la SEPR. En la Asamblea General celebrada el 4 de noviembre de 2010, Pío Carmena pasó el testigo de la presidencia a Marisa España. En estas páginas se hace un recorrido por los dos últimos años y se presentan los principales objetivos para la próxima legislatura.



### 2009-2010, UN BIENIO INTENSO

Desde la toma de posesión de la Junta Directiva presidida por Pío Carmena, en noviembre de 2008, hasta hoy, cuando se inicia 2011, son muchas las actividades promovidas por la SEPR. ¿Cuáles eran los principales objetivos de la legislatura?

**Pío Carmena:** Para entender lo realizado por la SEPR en este bienio hay que remontarse en realidad a los últimos cuatro años, ya que muchas cosas de las que se han ido consiguiendo se planearon en la anterior legislatura, bajo la presidencia de Rafael Ruiz Cruces. Entre ellas, yo destacaría la publicación del Plan Estratégico de nuestra sociedad, aprobado por la Asamblea general en

mayo del 2008. El desarrollo de este Plan Estratégico, realizado en 2009-2010 ha permitido a la SEPR avanzar de forma ordenada en la consecución de los objetivos planteados en el mismo.

En línea con estos objetivos, entre los hitos más destacados de estos dos años están la celebración del primer congreso conjunto con la SEFM en Alicante, en junio del 2009; la consolidación de la ExpoPR, creada inicialmente en el Congreso de Tarragona del 2007 y que ahora, con la colaboración de Enresa, es una exposición permanente en el Centro Mestral de Hospitalet del Infante; la celebración del 30º aniversario de la SEPR; la consolidación de los foros con el CSN en

las áreas industriales, impulsado por Carmen Rueda, y de las UTPR, impulsado por Josep Baró; la creación del Grupo de Representantes Internacionales; el establecimiento de un nuevo marco de relación con las sociedades de PR de Iberoamérica que sustituye al Gripra; el posicionamiento de la SEPR como una de las entidades de referencia entre las sociedades de PR europeas; la publicación del libro sobre partículas calientes, recogiendo todos los avances técnicos relacionados con este tema conseguidos tras el suceso de liberación de partículas radiactivas de la central nuclear Ascó 1; la mejora de la página web como punto de encuentro entre los socios y la incorporación de productos útiles, como los buscadores de normativa y de parámetros técnicos de los radioisótopos; entre otros. Todos estos logros han sido posibles gracias a un importante número de socios que se han involucrado personalmente en su realización y han permitido dar estos pasos en la historia de la sociedad.

**Marisa España:** Para la Comisión de Actividades Científicas, uno de nuestros principales objetivos era incrementar y diversificar las actividades de la SEPR, y creo que este objetivo se ha conseguido. Aunque nunca se pueda lograr un cumplimiento del 100%, ya que en objetivos de esta naturaleza siempre queda algo más por hacer, debemos reconocer el esfuerzo que se ha hecho porque todos los sectores se sientan representados en las actividades de la sociedad. También se ha incrementado la presencia de la SEPR en grupos internacionales de sociedades con objetivos comunes como en el caso de la *Alliance for Radiation Safety in Pediatric Imaging*.



## PLAN ESTRATÉGICO

Se ha mencionado el Plan Estratégico de la SEPR ¿Cómo ha evolucionado su cumplimiento?

**PC:** Nuestro Plan Estratégico 2008-2012, que está disponible en la web de la SEPR, se basa en cuatro líneas básicas: progreso de la PR; desarrollo organizativo y financiación; servicios a los socios; y relaciones con la sociedad. Cada línea básica se desarrolla en objetivos y estos a su vez en actividades a corto, medio y largo plazo. Anualmente la Comisión de Actividades Institucionales evalúa el cumplimiento de dicho plan de acuerdo con las actividades realizadas y previstas de la SEPR y hace recomendaciones a la Junta Directiva para conseguir su desarrollo efectivo.

El último informe de seguimiento está aún en borrador y se valoran positivamente las realizaciones hasta la fecha. Asimismo, se identifican acciones concretas adicionales a desarrollar, tales como: mejorar la organización y funcionamiento de los grupos y foros de la SEPR y promover la utilización de las nuevas tecnologías para celebrar reuniones virtuales; explorar la utilización de la tecnología de comunicación para elaborar cursos on-line a partir del material que se elabora en los cursos presenciales; identificar productos que puedan ofrecerse en la SEPR a los jóvenes profesionales; promover la utilización del foro de socios de la web para hacer llegar a los socios propuestas y novedades legislativas y poder recabar sus comentarios; elaborar una sección específica para recoger sugerencias, necesidades y demandas (encuesta, buzón web, etc.) de los socios y otra para el público en general; elaborar un "catálogo de servicios" de la SEPR para ubicar mejor y de forma más visible a la SEPR en el entorno sanitario, tanto a nivel de las autoridades (nacionales y autónomas), como de los profesionales y sus asociaciones de ámbito estatal (médicos, enfermeros, técnicos, etc.).

En la misma línea, también se propone aproximarse al mundo de los diversos sectores industriales que van a verse afectados por el próximo marco regulador tales como los NORM, compañías aéreas, organizaciones empresariales y sindicales, autoridades judiciales y con organizaciones profesionales asociadas a ellas o asociaciones y sociedades en el campo de la Prevención de Riesgos Laborales (PRL), para ofrecerles la colaboración de la SEPR en todo lo relacionado a la protección contra las radiaciones ionizantes y no ionizantes y los efectos de las mismas.

**ME:** El Plan Estratégico debe seguir desarrollándose en todos y cada uno de sus aspectos, porque ninguno de sus objetivos es un ciclo que se pueda dar por cerrado. El progreso de la protección radiológica y el servicio a los socios es algo inherente a la SEPR, es verdad que se ha hecho un gran esfuerzo en el desarrollo organizativo y en las relaciones con la sociedad pero se deben seguir dedicando esfuerzos a todos ellos para mejorar su nivel de cumplimiento. La nueva Junta Directiva tiene la tarea no sólo de desarrollar el plan estratégico, sino también de dotarle de nuevos objetivos para mantener a la SEPR con todos los mecanismos que favorezcan su actividad y su desarrollo.

Así mismo, este Plan tiene una vigencia hasta el año 2012, lo que implica que a finales del 2011 hay que empezar a pensar en su actualización. Para ello se lanzará un proyecto muy participativo para dar la oportunidad a todos los socios y demás agentes implicados a expresar sus ideas, con objeto de incorporarlas en la nueva edición.

## EL FUNCIONAMIENTO DE LA SEPR

La gestión de la SEPR se basa en cuatro comisiones: Comisión de Asuntos Institucionales; Comisión de Actividades Científicas; Comisión de Publicaciones; y Comisión de Asuntos Económicos. Centrándose en la Comisión de Asun-

tos Institucionales, éstas constituyen un elemento clave en el trabajo de la SEPR. ¿Qué iniciativas destacan en este sentido? En el ámbito internacional, ¿cuáles son los temas de mayor relevancia?

**PC:** La Comisión de Asuntos Institucionales es una comisión asesora de la Junta Directiva, pero que aporta gran valor en la gestión de la SEPR, por su visión del mundo de la PR dentro y fuera de España y la posición privilegiada de muchos de sus miembros en foros internacionales relevantes. Ha sido en este foro en el que se ha generado el Plan Estratégico, posteriormente ratificado por la Asamblea General de la SEPR y en el que se evalúa su seguimiento. La SEPR está bien valorada por el Consejo de Seguridad Nuclear español, organismo de clara referencia en este mundo de la PR. La existencia de los foros técnicos conjuntos CSN-SEPR, la activa participación e impulso del CSN en todas las actividades de la sociedad son ejemplos de esta valoración. Así mismo también se tiene trato destacado con otras destacadas instituciones que representan importantes sectores en el mundo de la PR, como Enresa, Enusa y Unesa, así como con Ciemat.

En el marco internacional, como se ha indicado, se ha creado un Grupo de Representantes Internacionales, coordinado por David Cancio y compuesto por personas que ostentan representación en grupos o comisiones internacionales permanentes en el campo de la PR; se ha establecido un nuevo marco de relación más igualitario con Iberoamérica y con Europa, que ha posicionado a la SEPR de forma adecuada en este contexto. Finalmente hay que destacar el papel de la SEPR en IRPA, en donde el actual vicepresidente, Eduardo Gallego, es miembro del Comité Ejecutivo de esta entidad internacional.

**ME:** La nueva Junta Directiva debe tratar de que la SEPR tenga una mayor presencia y más relevante en los distintos organismos tanto nacionales como

autónomos con los que sus socios estén relacionados. Para ello se deben buscar objetivos comunes, y hacerles partícipes de aquellas actividades científicas que les sean de interés, porque ese puede ser un vínculo de unión.

Una forma efectiva de integrar a la SEPR es establecer convenios de colaboración marco y específicos de duración estable con organismos e instituciones, como el Ministerio de Sanidad y Consumo, autoridades sanitarias autonómicas y con el Consejo de Seguridad Nuclear, en materia de investigación, formación y docencia. Pero estos convenios deben tener un seguimiento de objetivos para que no se conviertan en un simple documento de intenciones.

Así mismo nos debemos aproximar a los diversos sectores industriales que van a verse afectados por el próximo marco regulador relativo a los NORM, y también al mundo de las compañías aéreas para ofrecerles asesoramiento técnico, básicamente en el ámbito de la dosimetría.

Un objetivo prioritario es establecer lazos de colaboración estables y abiertos con las demás sociedades científicas y profesionales cuyas actividades están en mayor o menor grado relacionadas las aplicaciones de las radiaciones ionizantes en nuestro país (SNE, SEFM, Seram, Serpe, SEMP, SEMN, SEOR, etc., etc.), así como las asociaciones y sociedades en el campo de la Prevención de Riesgos Laborales (PRL).

Como ya sabemos uno de los pilares para que la PR ocupacional se convierta en algo inherente al desarrollo de la actividad y no como un grupo de reglamentos y normas, es la formación previa y continuada de los profesionales. Creo que tenemos un reto en lograr que esta formación, más que por métodos de enseñanza, se

realice por métodos de aprendizaje de forma que se potencie los contenidos en base a los conocimientos, habilidades y actitudes necesarios para optimizar la PR. La SEPR está en disposición de colaborar en el desarrollo de estos programas, y para ello debe estrechar lazos con las Autoridades educativa, Colegios Profesionales, y por supuesto con el CSN para la formación de los trabajadores expuestos.

Un punto que también se debería tratar es la información que el público debe tener en materia de PR, incluyendo la de exposiciones médicas. La SEPR ya ha colaborado con el CSN y el Ministerio de sanidad en documentos informativos, y en la actualidad hay un grupo de trabajo con la SERAM para la elaboración de la información de los consentimientos informados en procedimientos clínicos con rayos X.



La Comisión de Actividades Científicas impulsa las iniciativas técnicas de la SEPR. ¿Cuáles son las acciones que destacan en este sentido en los últimos años? ¿Qué previsiones se plantean para el próximo periodo?

**PC:** El correcto funcionamiento de la CAC es la asignatura pendiente que pasamos a la siguiente legislatura. No hemos sabido dar con la fórmula adecuada para que esta Comisión fuera la verdadera impulsora de las actividades técnicas de la SEPR. Es cierto que se han programado y celebrado nueve jornadas y siete cursos o talleres en estos dos años, pero han sido fruto de iniciativas prácticamente individuales o de reducidos colectivos específicos, y no de una aproximación sistemática desde esta comisión a las problemáticas existentes en los diferentes sectores de la PR. La nueva Junta Directiva debería reflexionar sobre este asunto y ensayar otras fórmulas que resulten más adecuadas para los objetivos que se persiguen.

**ME:** La CAC debe ser el punto de encuentro de las actividades de la SEPR, y deberíamos ser capaces de integrar en ellas al mayor número de socios, recogiendo sus iniciativas y también sus críticas constructivas. Debemos seguir organizando actividades que por su importancia tienen una cierta periodicidad, como la jornada de PR anual, cursos de actualización, etc. y proponiendo nuevas áreas de trabajo que creamos pueden ser de interés a nuestros socios. En el año 2010 se han realizado las primeras ediciones de varios cursos como los de "Medidas de exposiciones a radiaciones no ionizantes en ambientes hospitalarios", "Blindajes en instalaciones sanitarias" ó el de "Toma de muestras del plan de



vigilancia radiológica ambiental en el entorno de instalaciones nucleares” que pueden también convertirse en periódicos dentro de nuestras actividades dado el interés que han despertado.

Se deben incrementar las actividades conjuntas con otras sociedades, ya que la Protección Radiológica debe formar parte de la actividad diaria de los profesionales y, por tanto, debemos tender a que nuestras actividades se integren de forma natural en las diferentes disciplinas. Fruto de esta colaboración ha sido la Jornada de PR en Radiología Pediátrica, organizada junto con la Sociedad Española de Radiología Pediátrica, y en la tuvimos el honor de contar con la participación de la OMS, la gran asistencia a este acto demostró que las actividades conjuntas son de un gran interés para los socios.

Pero nuestro activo más importante para el próximo año será el Congreso de Sevilla que debe representar el intercambio de conocimientos entre todos los socios y la presentación del estado del arte de la protección radiológica en nuestro país.

Uno de los objetivos de la nueva CAC es elaborar el sistema de acreditación de las actividades de la SEPR, y lograr su reconocimiento como formación continuada de sus socios.

La nueva Junta Directiva va a aprobar una nueva organización de la CAC, de forma que su funcionamiento sea más operativo y los grupos de trabajo se formen con objetivos concretos, eso facilitaría una mayor participación de los socios en la sociedad. Cada persona imprime una impronta personal a la CAC, y creo que Eduardo Gallego tiene ya nuevas perspectivas para dirigir la comisión. Seguro

que tendrá un gran éxito en su gestión.

**La Comisión de Publicaciones es la responsable de la revista RADIOPROTECCIÓN, de la página web y del resto de publicaciones de la SEPR. ¿Qué experiencia ha obtenido en los últimos años y cuales son sus proyectos futuros?**

**PC:** Esta comisión también tiene un papel muy importante en el funcionamiento de la SEPR como gestora de las herramientas de interrelación con los socios y la sociedad en general: la revista RADIOPROTECCIÓN y la página web. Esta coordinada por un vocal de la Junta Directiva, que en esta legislatura ha sido Teresa Navarro y de ella participa la directora y coordinadora de la revista, primero Paloma Marchena y Beatriz Robles y posteriormente Beatriz Robles y Ángeles Sánchez, así como el coordinador de la página web, Juan Carlos Mora y el presidente del Comité Científico de la revista,



José Gutiérrez. En este periodo hay que destacar la intensa dedicación de todos los miembros de estos grupos a los objetivos establecidos y en especial el gran salto cualitativo de nuestra página web, que es ahora una referencia para los socios y la sociedad en general. También hay que comentar que las sociedades de PR iberoamericanas han manifestado un gran interés en nuestra revista, calificándola como la de más calidad científica entre las de habla hispana. En esa línea han solicitado y se ha aceptado, poder acceder a través de la web a los números recientes de la misma. Esto se ha hecho mediante una partición especial de la web donde están estas revistas en formato pdf y a la que acceden los miembros de las sociedades iberoamericanas integradas en el FRALC a través de una clave. Una actividad específica de mucho valor en este periodo ha sido la elaboración y publicación del libro

SEPR “Partículas calientes”, coordinado por Javier Castelo. Esta publicación ha sido elaborada por un grupo multidisciplinar de expertos de centrales nucleares, centros de investigación, el organismo regulador, universidades y empresas de servicios, que han participado de alguna manera en los estudios realizados asociados al incidente de liberación de partículas radiactivas que ocurrió en 2008 en la central nuclear Ascó I. La puesta en común, elaboración y redacción de los conocimientos recopilados y adquiridos han dado lugar a esta publicación, que es actualmente la referencia más actualizada y avanzada en el tema a nivel mundial. Su valor ha sido reconocido por diversas entidades internacionales que trabajan en el tema, estando en trámite su traducción al inglés por el *Electric Power Research*

Institute norteamericano (EPRI), para su difusión a sus miembros.

**ME:** En primer lugar me gustaría resaltar la gran capacidad de entusiasmo que tienen los miembros de la Comisión de Publicaciones. Es muy difícil mantener el nivel de la revista, cada número hay que trabajarlo como el primero y eso, usando un lenguaje coloquial, "quema". Su implicación en la web ha dado unos resultados que hacen que la web de la SEPR sea cada vez más interactiva y represente un referente de información de PR. Prueba de ello son la gran cantidad de consultas que se reciben, tanto en referencia a exposiciones ocupacionales como médicas

En este sentido el Foro de Socios ha resultado ser una buena herramienta, pero además se va a proponer la elaboración de una sección específica en abierto de acceso cómodo, para recoger la información que puede ser de mayor interés para el público en general.

Creo que las nuevas formas de intercambio de información nos exigen al menos hacer un proyecto piloto de realizar **RADIOPROTECCIÓN** sólo en formato electrónico, cuya permanencia estaría supeditada a la aceptación de los socios. Esto facilitará la difusión de la revista vía web a todos los colectivos que pudieran estar interesados y a las entidades con las que se ha firmado convenios de colaboración técnica.

Otro objetivo que la nueva Junta Directiva y la Comisión de Publicaciones se han marcado, es la organización de cursos on line, para cubrir el vacío que hay en algunos supuestos de formación. Esto va a suponer un gran esfuerzo organizativo pero esperamos que represente un nuevo activo para la SEPR.

Finalmente, la Comisión de Asuntos Económicos tiene por objeto fortalecer la financiación de las actividades de la SEPR y supervisar los procesos económicos

asociados a su gestión. ¿Qué actividades ha realizado los últimos años y cuales son sus proyectos futuros?

**PC:** Esta comisión tampoco ha estado muy activa últimamente, en tanto en cuanto existen unos mecanismos establecidos para acceder a la financiación de las actividades de la SEPR, sobre la base del interés de los diferentes organismos en patrocinar las mismas. También tiene entre sus pendientes la elaboración de un procedimiento de gestión económica de la SEPR donde se establezcan claramente los procesos y los criterios a aplicar para cosas como la retribución económica a socios que participan en determinadas actividades tales como traducciones, preparación e impartición de actividades docentes, etc.

**ME:** Quizás la realización de nuevas actividades, abra nuevos objetivos a esta comisión aunque es cierto que, por ahora, estaba falta de contenidos concretos. Quizás este sea también un reto para la nueva Junta Directiva.

### 30º ANIVERSARIO DE LA SEPR

Entre las actividades realizadas en el año 2010, se puede destacar por su carácter conmemorativo la celebración del 30º aniversario de la sociedad. ¿Qué ha significado ser presidente en este momento histórico?

**PC:** Efectivamente es costumbre dar relevancia a los aniversarios múltiples de 5: 10, 15, 20, 25, 30, etc. años. La celebración de los 25 años coincidió con el Congreso de Huelva y fue magnífica. Recuerdo que se preparó una publicación recopilatoria de la historia de la SEPR, así como de fotos de todas sus actividades y se le entregó la famosa caricatura a todos los presidentes pasados de la SEPR. En los 30 años no podíamos llegar tan lejos, pero sí le dedicamos mucho cariño al acto que se preparó en el Ciemat, coincidiendo

con la jornada de la PR, en 2009. Quisimos volver al lugar de nacimiento de la sociedad, la JEN, y esta vez hacer un homenaje, no sólo a los presidentes, sino a todos los socios que habían pasado por la Junta Directiva en estos 30 años. Pienso que fue un encuentro entrañable y que abre el camino a celebrar los 35 años que están a la vuelta de la esquina en 2015, año en el que también habrá congreso.

**ME:** El 30 aniversario ha sido la demostración del que yo creo es el gran activo de la SEPR, que es la relación fraternal que se ha establecido entre todos los que de una forma u otra han colaborado en la andadura de nuestra sociedad en estos 30 años. Creo que se pueden aprender lecciones de operatividad, de competencia, de cómo ganar el pulso a las adversidades, que también ha habido en estos años, pero más allá de aprender de todo lo que se ha logrado, para mí la gran lección es cómo se ha logrado. Hay que unir y no separar, hay que saber encontrar y mantener ese punto de ilusión que anime a que todos los socios participen en el proyecto, y hay que trabajar muy duro para que todos sintamos una relación de pertenencia con la SEPR.

Pensando en las cosas que van quedando con el transcurso de los años, quiero destacar la ExpoPR. Esta es una magnífica iniciativa que tuvo Miguel Lopez Tortosa y los organizadores del Congreso de Tarragona, que se ha consolidado en una exposición permanente en el Centro tecnológico Mestral en Vandellós, gracias a un acuerdo de colaboración con ENRESA. Ahora se esta pensando en la posibilidad de preparar parte de esta exposición para hacerla itinerante y que en museos de ciencia, centros culturales, universidades, etc. se pueda mostrar los aspectos históricos de la protección radiológica, y cómo los avances en el desarrollo y utilización de las radiaciones ionizan-





tes han ido en paralelo con el incremento de la protección a las personas y al medio ambiente.

### CONGRESOS CONJUNTOS CON LA SEFM

En este periodo se ha puesto en marcha una iniciativa muy importante: la celebración del Congreso Conjunto SEPR-SEFM. ¿Qué aspectos destacan de esta apuesta conjunta? ¿Qué lecciones aprendidas pueden ser útiles para la próxima edición de 2011?

**PC:** El Congreso Conjunto SEPR-SEFM, ensayado por primera vez en Alicante, ha sido una apuesta para dar respuesta a la demanda de un importante sector que participa en las dos sociedades y, por ello, proponían su unificación. Las ventajas que se vieron en la unificación eran el previsible incremento de la asistencia y participación, especialmente la de los socios de ambas sociedades y la de los residentes en formación, la mejora de los aspectos científicos (mayor cantidad y calidad de comunicaciones) y el económico (concentración de apoyos oficiales y comerciales). El diseño de este congreso conjunto debería salvaguardar el contenido científico-técnico histórico

de cada sociedad y se acordó realizar una primera prueba piloto en el año 2009, aprovechando la candidatura de Alicante aceptada *a priori* por ambas sociedades. A raíz de la experiencia obtenida, se podrá debatir entre la conveniencia de continuar este tipo de congreso o volver a separarlos.

Gracias al esfuerzo del presidente del congreso, Bartolomé Ballester, y su Comité Organizador y Científico, se consiguió un éxito importante, con casi 600 congresistas y más de 400 trabajos presentados y un beneficio económico de unos 60 000€ para cada sociedad, a pesar de tener cuotas de participación menores que en otros congresos anteriores. La encuesta que se hizo a los participantes arrojó un balance positivo, valorándose muy positivamente la organización, el programa científico, el nivel de las comunicaciones orales y de las mesas redondas y plenarias. Valoraciones negativas tuvieron la forma de presentación de sesiones posters y el desajuste horario que se produjo a los largo del mismo. Como conclusión el 70% de los asistentes planteaban hacer el próximo congreso conjunto.

En consecuencia, las juntas directivas de ambas sociedades plantearon a sus respectivas asambleas la propuesta de realizar en próximo congreso conjunto en 2011 y éste se celebrará en Sevilla, de acuerdo con una candidatura promovida por Miguel Herrador y su equipo. Estas propuestas fueron aprobadas y ahora las dos sociedades están inmersas en la preparación del próximo congreso, que tendrá lugar del 10 al 13 de mayo en el hotel Meliá de Sevilla. La organización de este congreso presenta importantes retos, tales como el encaje de todos los temas de interés de todos los sectores de ambas sociedades además de la situación económica del país, los precios de los servicios en Sevilla, etc. Sin embargo estoy convencido que Miguel Herrador y su Comité Organizador, y Pedro Carboneras y Juanjo Peña y su Comité Científico conseguirán que se cumplan las expectativas que hemos puesto todos en este congreso.

**ME:** El congreso de Alicante fue un gran éxito por la participación y por el nivel científico de las comunicaciones presentadas, y gracias a la generosidad de Bartolomé Ballester y todo el Comité Organizador de Alicante que se atrevieron a organizar el primer congreso conjunto, tenemos un punto del que partir para intentar mejorar en próximas ediciones. Sin embargo, para aprender hay que tener siempre presente que "se hace camino al andar", y por tanto, cada edición será diferente de las anteriores, ni mejor ni peor, sólo debemos comparar la ilusión y el cariño que se ponga en la organización, y creo que eso lo tenemos asegurado también para Sevilla 2011.

Como integrante del sector sanitario creo que esta apuesta es muy gratificante, pero el reto es hacerla igual de gratificante para el resto de sectores. El realizar el congreso conjunto no se debe ver como una pérdida de objetivos

sino como la posibilidad de enriquecer los que tenemos. Somos conscientes del gran trabajo que supone para el Comité Científico, encajar toda la temática en un solo congreso, y por ello debemos estar siempre dispuestos a aportarles nuestras sugerencias, y ser comprensivos con los posibles fallos que se puedan dar en las primeras ediciones.

## LOS SOCIOS

Los socios constituyen la base de la sociedad. ¿Cómo se ha propiciado, en los últimos años, su participación? ¿En qué áreas se propone la SEPR promover su actuación para la captación de socios? ¿Cuáles son los objetivos que se marca la nueva Junta Directiva en este sentido?

**PC:** Efectivamente los socios son la esencia de nuestra sociedad. Y he de decir que esta sociedad tiene algunas peculiaridades que la hace muy singular. Tal vez la variedad de sectores y la función de "protección" de los profesionales que la integran explican la implicación y generosidad con la que la mayoría de nuestros socios ven a la SEPR. En algunas intervenciones públicas yo he afirmado y lo pienso, que los socios son el mayor activo de la SEPR, porque están ahí y hacen las cosas porque ellos quieren, no porque tienen presiones empresariales o de otro tipo. Esto hace que las cosas fluyan de forma suave, sin tensiones y con un alto grado de implicación personal. No hay más que ver la cantidad de personas a las que he recordado de forma explícita en esta entrevista y las que seguramente me he dejado en el tintero.

Pero también hay que saber que este colectivo que se implica directamente son, aproximadamente, el 20% de nuestros socios. Hay una mayoría silenciosa que forma parte de la SEPR que no ha participado de forma directa en las actividades pero que es usuario de las mismas, y yo pienso que estaría dispuesto a colaborar más activamente si se le brinda



la oportunidad. Quizás un reto para el futuro es ver como se puede involucrar a más socios de forma directa en las actividades de la SEPR.

Entre este colectivo se encuentran los jóvenes profesionales a los que hay que ir dejando hueco en los diferentes grupos, comités, etc. para que aprendan a valorar y apreciar a la SEPR tanto como el colectivo actual. Un grupo más lejano es el de los jóvenes que se inician en las actividades profesionales de la Protección Radiológica, pero que no se hacen socios. Para captar a este colectivo el Plan Estratégico propone para el 2011 identificar productos que puedan ofrecerse en la SEPR, que sean de interés para ayudar a los jóvenes profesionales para el inicio de su actividad en estos puestos. Finalmente no podemos olvidar a los socios colectivos que demuestran año a año su compromiso con la sociedad y que tal vez no son todo lo bien tratados que merecen. Hay en marcha una serie de iniciativas para poder ofrecerles mayores ventajas por ser socio colectivo y que ellos también participen de una forma activa en las actividades de la SEPR.

**ME:** La anterior Junta Directiva ha abierto la SEPR a distintos sectores que tienen ac-

tividades afines con nuestra sociedad, ahí puede haber posibles personas interesadas en asociarse con nosotros. Sin embargo sobre el número de socios debe primar que nuestros socios actuales tengan todas sus expectativas cubiertas y estén plenamente satisfechos con lo que les aporta la SEPR. Creo que nuestro objetivo prioritario es incrementar el grado de participación de los socios, y sobre todo en el caso de los más jóvenes, también fomentar las actividades para sectores en alza. Ya hemos comentado que se ha propuesto una nueva organización de la CAC, de forma que sus miembros se comprometan con actividades concretas, con el objetivo de incentivar su interés. También debemos buscar nuevas vías de colaboración con nuestros socios colaboradores, ofertarles nuevas perspectivas para que consideren el vínculo con la SEPR como un valor añadido a su actividad.

No quiero dejar de resaltar el comienzo de la pregunta "Los socios constituyen la base de la sociedad", y por ello la nueva Junta Directiva debe desarrollar su trabajo dentro de la ética del deber, de la responsabilidad y del trabajo bien hecho, procurando estar a la altura de su confianza, y tratando de corresponder a la misma.

## Asamblea General de la SEPR

El día 4 de octubre de 2010 tuvo lugar la Asamblea General de la SEPR con el siguiente orden del día:

- 1.- Lectura y aprobación del acta de la Asamblea General celebrada el día 8 de abril de 2010
- 2.- Renovación de la Junta Directiva
- 3.- Ruegos y preguntas

Se aprobó el acta por unanimidad y se procedió a la presentación, por parte de Eduardo Gallego, de la candidatura única avalada por 38 socios, que fue votada por aclamación. La nueva Junta Directiva quedó constituida para el periodo 2010-2012 por los siguientes socios:

### Junta Directiva 2010-2012

#### • Presidenta: María Luisa ESPAÑA LÓPEZ



Licenciada en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid. Especialista en Radiofísica Hospitalaria. Especialista Universitario en Protección Radiológica en Instalaciones Médicas por la Facultad de Medicina de la UCM. Diploma de Estudios Avanzados de tercer ciclo en Ciencias Radiológicas. Diploma de Jefe de Servicio de Protección radiológica. Tutora de especialistas en formación en Ra-

diofísica hospitalaria.

Inició su carrera profesional en el Servicio de Medicina Nuclear de la Clínica Puerta de Hierro de Madrid, pasando posteriormente al Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica de la misma. La mayor parte de su carrera profesional en el área de la protección radiológica la ha desarrollado en el Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica del H.U de la Princesa, primero como Adjunto y Jefe de Sección, y en la actualidad como Jefe de Servicio. Asesora en materia de protección radiológica en comisiones evaluadoras del INSALUD, ha participado en grupos de trabajo del Ministerio de Sanidad y Consumo y de la Consejería de Sanidad de la Comunidad de Madrid. Es autora de diversas ponencias y artículos, y ha coordinado la organización de cursos y congresos tanto a nivel nacional como internacional, así como en diversos ensayos clínicos internacionales. Ha formado parte de comités de organización y científicos de congresos nacionales e internacionales.

Ha sido miembro del Comité de redacción de la revista Radiología y de Radioprotección, de la cual fue coordinadora. Ha sido Secretaria de la SEPR, coordinando y participando en diversos grupos de trabajo y comisiones.

#### • Vicepresidente: Eduardo GALLEGO DÍAZ

Doctor Ingeniero Industrial por la Universidad Politécnica de Madrid. Profesor Titular de dicha Universidad en el De-



partamento de Ingeniería Nuclear, dentro de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid. Imparte docencia en distintas asignaturas de Grado y Máster sobre Tecnología Nuclear, Seguridad Nuclear, Gestión de Residuos Radiactivos y Protección Radiológica. También colabora habitualmente como profesor en el Curso Superior de Protección

Radiológica y el Máster de Ingeniería Nuclear y Aplicaciones (Ciemat). Ha desarrollado una variada actividad investigadora en numerosos proyectos de los Programas Marco de Euratom, del Consejo de Seguridad Nuclear, ENRESA y UNESA. Dirige el laboratorio para Dosimetría Neutrónica de su Departamento.

Co-editor de 3 libros, co-autor de 6 libros, autor de 29 artículos en revistas científicas internacionales, 6 en revistas extranjeras, 19 en revistas nacionales y 12 en libros.

Fue tesorero de la Sociedad Española de Protección Radiológica (2000-2004).

En la Asociación Internacional de Protección Radiológica (IRPA), ha sido Secretario Científico del Congreso mundial IRPA11 (Madrid-2004) y Presidente del Comité Científico del Congreso mundial IRPA12, celebrado en Buenos Aires en octubre de 2008. Fue elegido miembro de su Comité Ejecutivo para el periodo 2008-2016.

Ha sido miembro y coordinador del Comité Asesor Técnico de la Comisión Interministerial para el emplazamiento del Almacén Temporal Centralizado (ATC) de combustible nuclear gastado y su centro tecnológico asociado.

#### • Secretaria General: Beatriz Robles



Licenciada en Ciencias Biológicas por la Universidad Autónoma de Madrid. Desde 1987 ha desarrollado su actividad profesional en Ciemat, trabajando en proyecto de investigación nacionales e internacionales, enfocados al desarrollo metodológicas, modelos y parámetros para la realización de evaluaciones de impacto radiológico al público como

a la biota, debido a vertidos rutinarios de instalaciones radiactivas y nucleares incluyendo la disposición de residuos y las industrias NORM. En la actualidad es responsable de la Unidad de Protección Radiológica del Público y del Medio Ambiente del Departamento de Medio Ambiente del Ciemat.

Autora de diversas ponencias y artículos científicos nacionales e internacionales. Colabora activamente con la Unidad de formación del Ciemat en los cursos de capacitación en PR (operadores, supervisores y superior de PR). Ha sido miembro del Comité de Redacción, coordinadora

y directora de la revista Radioprotección, miembro de las Comisiones de la SEPR de publicaciones, de actividades científicas y de asuntos económicos y financieros.

• **Tesorero: Alejandro ÚBEDA MAESO**



Investigador, Jefe de Sección de Bio-ElectroMagnética del Departamento de Investigación del Hospital Ramón y Cajal de Madrid. Desde 1982 ha venido estudiando diferentes aspectos de los efectos in vivo e in vitro de las radiaciones no ionizantes (RNI). Con formación Postdoctoral en Biofísica, en la División de Toxicología Genética de la US Environmental Protection Agency (Estados Unidos).

Autor de diversos artículos científicos de alto impacto en el área de la Bioelectromagnética, y autor y editor de varios libros sobre radiaciones no ionizantes ambientales y salud pública. Consultor y referee habitual de las revistas más relevantes en el área. Es miembro de diversas sociedades científicas y comités internacionales y consultor de varias agencias nacionales e internacionales para la protección ante RNI. Es miembro del Comité de Actividades Científicas y co-responsable del Grupo de Trabajo de PR ante Radiaciones No Ionizantes de la SEPR. En el presente dirige o colabora en varios proyectos nacionales e internacionales que investigan los bioefectos de las RNI en el rango ELF-MW, incluyendo los campos magnéticos de frecuencia industrial, las señales RF de telecomunicación y radar y las empleadas en nuevas terapias electromagnéticas.

• **Vocal: M<sup>º</sup> Ángeles GARCÍA FIDALGO**



Licenciada en Ciencias Físicas por la Universidad de Zaragoza. Especialista en Radiofísica Hospitalaria.

Ha desarrollado su profesión como Profesora en asignaturas de la Escuela de Ingeniería Técnica Industrial de Bilbao y ha impartido masters de postgrado en los Colegios Oficiales de Ingenieros Industriales de San Sebastián y de Vitoria. La mayor parte

de su carrera profesional la ha desarrollado en el Servicio de Física Médica del H. Txagorritxu de Vitoria, siendo en la actualidad responsable del mismo.

Es autora de diversas ponencias y artículos, y ha formado parte de los comités de organización de distintos congresos nacionales.

Ha participado en proyectos de investigación del Departamento de Sanidad del Gobierno Vasco relacionados con las nuevas tecnologías de tratamiento. En la actualidad, colabora en el proyecto europeo SENTINEL sobre radiología intervencionista y en el grupo de trabajo sobre Protección Radiológica en pediatría del Servicio Vasco de Salud, Osakidetza.

• **Vocal: Óscar GONZÁLEZ CORRAL**



Es licenciado en Ciencias Biológicas por la Universidad de Salamanca. Master en Dirección y Planificación Medioambiental por la Universidad de Cádiz. Técnico Superior (Master), en Prevención de Riesgos Laborales. En la actualidad trabaja en la UTPR de ENRESA, dentro del departamento de Seguridad. Ha trabajado fundamentalmente en áreas relacionadas con la Protección Radiológica en desmantelamientos de Instalaciones Nucleares, tanto a nivel de proyecto como de ejecución operacional, siendo Jefe de la Sección de Protección Radiológica y coordinador ALARA de la Instalación, durante el PDC (Proyecto de Desmantelamiento y Cierre) de la Central Nuclear de Vandaellos I. En este momento es el responsable de Protección Radiológica de ENRESA en el Proyecto PIMIC de desmantelamiento en el CIEMAT. Dirige las áreas de Protección Radiológica Operacional, laboratorio y ALARA. Miembro del Comité Científico de la SEPR para el XI Congreso (2007) en Tarragona. Integrante del grupo de trabajo sobre Partículas Calientes de la SNE. Colaborador en la preparación de Textos de Información y Capacitación sobre Emergencias Nucleares, para Autoridades Locales y Miembros del CECOP. Integrante del Grupo de realización del Curso sobre Transporte de Material Radiactivo de la SEPR. Autor y ponente en diversas reuniones de la SEPR, congresos y EC/ISOE WORKSHOP.

• **Vocal: Borja ROSELL HERRERO**



Natural de Madrid, es Ingeniero de Minas, especialidad energía y combustibles en la ETSIM de la UPM y Licenciado en Ciencias Ambientales por la UNED.

Comienza su trayectoria profesional en el departamento de I+D+i de la Central GICC de Elcogas y en 2004 pasa al departamento de Protección Radiológica y Medio Ambiente en la Central Nuclear de Almaraz, primero

como Jefe de Protección Radiológica y ALARA, trabajando principalmente en la gestión de la protección radiológica operacional de la planta y realizando estudios ALARA en las paradas de recarga, así como gestionando el área de residuos radiactivos y dosimetría. Desde 2010, es el Jefe de Protección Radiológica y Medio Ambiente, así como Coordinador del Plan de Emergencia Interior, de dicha instalación. Ha participado en varios congresos y seminarios, tanto nacionales como internacionales, destacando que formó parte del comité organizador del congreso europeo ISOE ALARA y como ponente (realizó una reseña para la revista de la SEPR). Ha sido ponente en seminarios de la Asociación Mundial de Operadores de Centrales Nucleares (WANON) relacionados con reducción del término fuente y también ponente

en jornadas de calidad y radiactividad ambiental. Ha sido profesor del curso superior de Protección Radiológica 2009 organizado por el Ciemat y recientemente ha colaborado en la Reunión Anual de la Sociedad Nuclear Española 2010 como coordinador de la sesión técnica de Protección Radiológica y Medio Ambiente.

• **Vocal: Carmen RUEDA FRESNEDO**



Licenciada en Químicas por la Universidad Complutense de Madrid. Actualmente es Técnico Superior en Protección Radiológica de la Unidad Técnica de Protección Radiológica de LAINSA (GRUPO DOMINGUIS) en su Delegación de Madrid, ejerciendo además como Supervisora de Instalaciones Radiactivas y Consejera de Seguridad de Transporte de Mercancías Peligrosas. Es miembro del Comité de Actividades

Científicas (CAC) de la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) y Secretaria del Grupo de Radiografía Industrial del CAC y del Foro Industrial de Protección Radiológica SEPR- Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). Es representante por la SEPR en el Grupo de Revisión de las Basic Safety Standards (BSS) del Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) y miembro del Comité Científico del II Congreso Conjunto Sociedad Española de Física Médica (SEFM)-SEPR, Sevilla 2011.

Ha trabajado en áreas relacionadas con la Protección Radiológica Operacional en Instalaciones Radiactivas con fines Científicos, Médicos, Agrícolas, Comerciales e Industriales, en Formación en Protección Radiológica, en Actuaciones en Emergencias, Metrología de las Radiaciones Ionizantes, Transporte de material radiactivo, Aplicaciones Industriales de las Radiaciones Ionizantes, Instalaciones de Producción de Radiofármacos y Fuentes radiactivas huérfanas.

• **Vocal: Pedro RUIZ MANZANO**



Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad de Zaragoza. Especialista en Radiofísica Hospitalaria. Especialista universitario en Protección Radiológica en Instalaciones Médicas por la Fac. de Medicina de la UCM. Diploma de Estudios Avanzados de tercer ciclo. Tutor de especialistas en formación en Radiofísica Hospitalaria.

Su carrera profesional se ha desarrollado en el Servicio de Física y Protección Radiológica del H.U. Lozano Blesa de Zaragoza, donde en la actualidad es Físico Adjunto. Profesor de la Licenciatura en Química del departamento de Química Orgánica y Química Física de la Universidad de Zaragoza, y en diversos cursos de formación y Masters en protección radiológica.

Es autor de diversas ponencias y artículos y ha participado como ponente en congresos tanto a nivel nacional como inter-

nacional. Ha sido miembro del Comité científico del XI Congreso nacional de la SEPR de 2007, y Coordinador del grupo de trabajo de la SEFM: "Procedimientos recomendados para la dosimetría de rayos x de energías entre 20 y 150 keV en radiodiagnóstico". Ha sido miembro del comité de redacción de la revista Radioprotección.

En la actualidad es miembro del comité de redacción del nuevo protocolo Español de control de calidad en radiodiagnóstico, miembro de uno de los grupos de trabajo del foro sanitario y personal docente investigador en la licenciatura de Odontología (Huesca) de la Universidad de Zaragoza.

• **Vocal: Rosario SALAS COLLANTES**



Licenciada en Ciencias Biológicas por la Universidad Complutense de Madrid.

Entró a trabajar en el campo de la Protección Radiológica en 1979, primero como becaria del Instituto de Estudios Nucleares de la entonces Junta de Energía Nuclear, con una estancia de cuatro meses en la US Nuclear Regulatory Commission donde fue asignada a la Radiological Assessment Branch y a la Environmental Engineering Branch, participando en su programa de trabajo.

Desde 1982 es Técnico del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) donde ha desarrollado desde entonces su actividad profesional, entrando como funcionaria de la Escala Superior de dicho organismo en septiembre de 1983. Durante este tiempo ha trabajado en temas relacionados con la vigilancia radiológica ambiental y la evaluación del impacto radiológico. Entre ellos, en el establecimiento de los criterios técnicos para el diseño y desarrollo de los programas de vigilancia radiológica ambiental en el entorno de las instalaciones nucleares así como en la inspección de los mismos y el seguimiento y evaluación de sus resultados, en el establecimiento y desarrollo de la red nacional de vigilancia radiológica ambiental, en el control de la calidad de todos estos programas de vigilancia con el establecimiento de un programa de ejercicios de intercomparación analítica entre laboratorios de medidas de baja actividad, en la protección radiológica frente a la exposición a la radiación natural, y en el desarrollo de normativa relacionada.

Es representante de España en el grupo de trabajo de los artículos 35 y 36 del Tratado Euratom, donde se trata el alcance de la vigilancia radiológica ambiental que debe realizarse en el marco de estos artículos, la transmisión de sus resultados a la Comisión y otros temas relacionados, y ha colaborado en la redacción de la Recomendación de la Comisión 2000/473/Euratom, sobre la aplicación del Artículo 36.

Ha colaborado en diferentes publicaciones y ponencias presentadas en foros nacionales e internacionales y ha impartido clases en distintos cursos de formación, en relación con los temas de trabajo mencionados.

En la actualidad es jefe del área de vigilancia radiológica ambiental del CSN.

### La Junta Directiva informa

La Junta Directiva celebró su última reunión de 2010, en la sede del Consejo de Seguridad Nuclear, el día 1 de diciembre.

En la reunión se constituyó la nueva Junta Directiva aprobada en la Asamblea General celebrada el día 4 de noviembre de 2010. Pío Carmena, Presidente saliente, mostró a todos los miembros de la Junta Directiva anterior su agradecimiento personal y profesional y su dedicación durante estos dos últimos años. Por su parte los miembros de la nueva Junta Directiva agradecieron a los salientes la gran labor desarrollada durante su mandato.

Se realizó una presentación y un análisis del estado de la Organización de la SEPR, pasando revista a las actividades que se realizan en las Comisiones, los Grupos de trabajo y los Foros, revisando las tareas, la problemática y la composición de los mismos.

Otros temas tratados fueron:

- Aprobación del alta de 5 nuevos socios y baja de 11.
- Informe de la reunión de sociedades europeas IRPA en Madrid. Pío Carmena y Eduardo Gallego informaron de la reunión que se celebró el día 25 de octubre en Madrid
- Informe del congreso de Sevilla 2011. Pío Carmena presentó las últimas novedades que se han producido en la organización del Congreso conjunto SEFM-SEPR.

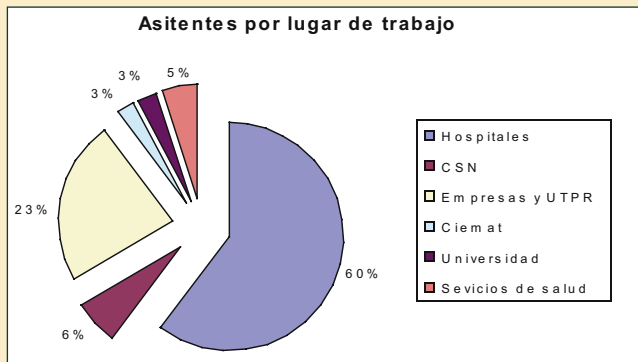
*Beatriz Robles - Secretaria General de la SEPR*

### Curso sobre "Cálculo de blindajes en las instalaciones radiactivas sanitarias"

Durante el pasado día 19 de noviembre asistimos al curso "Cálculo de blindajes en las instalaciones radiactivas sanitarias". El curso fue organizado por Pedro Ruiz Manzano y M<sup>a</sup> Ángeles Rivas Ballarín, integrantes del Servicio de Física y Protección Radiológica de Hospital Clínico Universitario "Lozano Blesa" de Zaragoza. Se prolongó durante más de seis horas repartidas en cuatro sesiones que abordaron el cálculo de blindajes en instalaciones de PET y Medicina Nuclear, Braquiterapia, Radioterapia y Radiodiagnóstico.

José Ramón Puértolas Hernández, del Complejo Hospitalario de Donostia, fue el encargado de la sesión de PET y Medicina Nuclear. Expuso con claridad, por un lado, los contenidos del documento de la AAPM elaborado por el Task Group 108 y, por otro, la hoja de cálculo que está en la página Web de la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR), y que él mismo confeccionó siendo residente del Hospital Dr. Negrín de Gran Canaria. La hoja sigue la metodología del TG-108 y permite el cálculo de blindajes tanto en salas de captación, como en la sala de imagen.

De los blindajes en Braquiterapia se encargó José Pérez Calatayud del hospital La Fe de Valencia, que no necesita presentación dado su amplio bagaje profesional. Su charla comenzó dando un repaso por la situación actual de las fuentes empleadas en Braquiterapia, para continuar comentando los datos de transmisión y atenuación disponibles para estas fuentes, citando la hoja de



cálculo de Carlos Fernández Fernández "Cálculo blindajes Braquiterapia" disponible en la Web de la SEPR. Por último, se centró en el cálculo de blindajes propiamente dicho, en concreto, expuso un método basado en el cálculo de blindajes en aceleradores lineales de NCRP 151 apoyado por cálculos realizados por el grupo de Valencia con el método de Monte Carlo.

M<sup>a</sup> Ángeles Rivas Ballarín expuso a continuación la metodología de cálculo de blindajes para salas de tratamiento de radioterapia externa, con aceleradores lineales, descrito en NCRP 151. También habló de la norma DIN 6847-2 y de la hoja de cálculo de esta norma realizada desde el So de Física y P.R. del HCU Lozano Blesa y que también está en la Web de la SEPR. En su presentación utilizó como ejemplo los cálculos realizados en el HCU "Lozano Blesa" de Zaragoza para el blindaje del bunker de un acelerador recientemente instalado. Además de mostrar ejemplos de barreras primarias y secundarias, hizo especial hincapié en los cálculos del blindaje necesario para las puertas de los aceleradores donde profundizó en los diferentes métodos de cálculo para neutrones jugando con varias geometrías.

La sesión de la tarde se dedicó al cálculo de blindajes para salas de radiodiagnóstico. La abrió Pedro Ruiz Manzano, con una rápida presentación de un procedimiento de cálculo de blindajes atendiendo a los criterios de la Guía de Seguridad 5.11 de CSN. La lección final, más extensa, corrió a cargo de Francisco Javier Rosales Espizua, del Hospital de Basurto de Bilbao, quien expuso de forma detallada un procedimiento general de cálculo de barreras primarias y secundarias siguiendo las pautas del NCRP-147 y haciendo una comparativa con los procedimientos de la Guía 5.11 del CSN. Especial atención prestó al cálculo de blindajes en instalaciones de TC ya que la metodología difiere del cálculo de blindajes para salas convencionales o salas con escopía.

En la gráfica adjunta se muestra el porcentaje de asistencia según la procedencia (datos aportados por la organización).

Se observa que el mayor número de asistentes procede del ámbito hospitalario y también es importante el número de asistentes de empresas y Unidades Técnicas de Protección Radiológica (UTPR).

El curso fue un éxito de participación, superando los 80 inscritos. Para nosotros en particular, el curso ha sido una oportunidad de analizar y comparar las diferentes metodologías que existen, tanto desde la perspectiva más teórica, como desde la experiencia de quienes las han llevado a la práctica, y de formar un criterio que nos permita desempeñar este aspecto tan importante de la profesión.

*F. Javier Jiménez Albericio y Victor M. Laliena Bielsa  
Residentes de Radiofísica Hospitalaria*

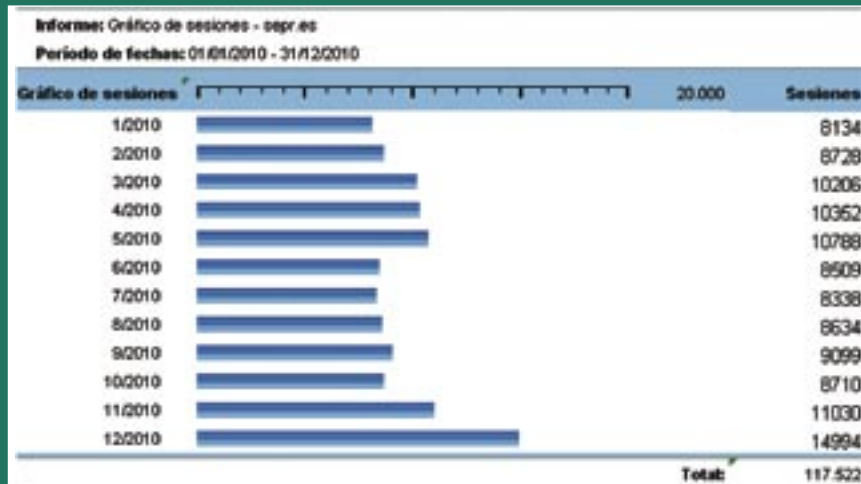
## La página Web de la SEPR

Como en años anteriores, dedicamos el apartado de la web de la SEPR de este primer número de Radioprotección del año 2011, a presentar un resumen de su funcionamiento durante el año precedente.

En el año 2010, se han recibido 117 522 visitas, es decir, 9793 al mes en promedio. Esto supone un incremento del 65% con respecto al año anterior y un record de visitas desde el comienzo de la recopilación de datos estadísticos de la web en 2004. Los meses con mayor número de visitas fueron mayo, noviembre y diciembre. En particular el mes de diciembre presentó un pico de visitas de 14 994.

Igual que el año pasado, la mayor parte de los visitantes procedía de España (un 73%), seguida por Francia (3%), México (3%) y Alemania (2.6%). Por supuesto siguieron visitándonos usuarios de otros países de Latinoamérica y otros países de habla no hispana, si bien en menor número.

La forma de acceso se mantiene como en otros años, con más



del 70% a través de la dirección [www.sepr.es](http://www.sepr.es) y un porcentaje menor que acceden a la web usando buscadores como Google (un 80% del resto de accesos), la Wikipedia (6%), el CIEMAT (0.18%), el CSN (0.16%) u otras páginas como la SEFM en menor porcentaje.

Los apartados más visitados durante el año 2010 fueron Publicaciones, Descargables y Convocatorias.

En cuanto a los documentos más descargados, destaca la revisión 1 del "Protocolo español de control de calidad en radiodiagnóstico" (62 884 descargas), seguida del "Manual general de protección radiológica" en instalaciones hospitalarias (6718 descargas) y la presentación de Pedro Ruiz sobre "Cálculo de blindajes en instalaciones de radiodiagnóstico (Guía 5.11 CSN)" (3099 descargas).

## II Congreso Conjunto SEFM-SEPR

Toda la información referente al congreso que se celebrará en Sevilla en mayo, incluyendo cambios de fechas, documentación y el acceso a la web del congreso, puede consultarse a través de nuestra web, pinchando en el logo del congreso.



## Descargables de hojas de cálculo de blindajes

Ya se pueden descargar las nuevas hojas de cálculo para el cálculo de blindajes:

- Blindaje RX (NCRP-147),
- Blindaje RX (Guía CSN 5.11),
- Blindajes Braquiterapia,
- Blindajes Aceleradores,
- Guión Presentación PET,
- Blindajes PET CT,
- Cálculo de blindajes en salas de radiodiagnóstico (versión en inglés).

Juan Carlos Mora  
Coordinador de la página web de la SEPR

# **CALIDAD Y SEGURIDAD EN EL USO DE LA RADIACIÓN**

SEVILLA 10 - 13 DE MAYO DE 2011 - Hotel Meliá Sevilla

## **PROGRAMA TÉCNICO PRELIMINAR**

### **MARTES 10 DE MAYO**

19:00 h. CONFERENCIA INAUGURAL. Los seres vivos y la radiación. Ponente: *Juan Manuel Sánchez Ron*

### **MIÉRCOLES 11 DE MAYO**

- 08:00 h. CURSO. Sistemas de información de imágenes diagnósticas. Ponente: *Santiago Miquélez*  
CURSO: Armonización en dosimetría interna ocupacional. Ponente: *M<sup>a</sup> Antonia López*
- 09:00 h. CONFERENCIA. Calidad en las aplicaciones diagnósticas de la radiación. Ponente: *Jakob Geleins*
- 10:00 h. SESIÓN A03. Tratamiento de imágenes y sistemas de información en aplicaciones médicas.  
Presidente: *Natividad Ferrer* Moderador: *Rafael Puchal*
- SESIÓN A11. Protección ocupacional en instalaciones reglamentadas (RINR). Funcionamiento normal e incidencias.  
Presidente: *Manuel Rodríguez*. Moderador: *Fco. García Acosta*
- 11:30 h. SESIÓN A04. Dosimetría clínica en el diagnóstico con radiaciones. Dosimetría interna.  
Moderadores: *Teresa Navarro, José Antonio Terrón*
- SESIÓN A12. Protección del público y del medio ambiente en instalaciones reglamentadas (RINR).  
Funcionamiento normal e incidencias.  
Presidente: *David Cancio*. Moderador: *Florencio J. Luis Simón*
- 12:30 h. SESIÓN A05. Dosimetría clínica en la terapia con radiaciones.  
Presidente: *Bartolomé Ballester* Moderador: *Rafael Arráns*
- SESIÓN A14. Aplicaciones industriales de la radiación. Servicios técnicos y transporte.  
Presidente: *Pío Carmena*. Moderadora: *Carmen Rueda*
- 15:00 h. CONFERENCIA. Efectos de las radiaciones sobre la salud. Ponente: *Abel González*
- 16:00 h. SESIÓN A06. Métodos y algoritmos de cálculo, modelación y simulación en el uso de las radiaciones.  
Presidente: *José Ródenas*. Moderador: *José Pérez Calatayud*
- SESIÓN A16. Regulación y normativas en el uso de las radiaciones.  
Presidente: *Eliseo Vañó*. Moderadora: *Carmen Álvarez*
- 17:30 h. MESA REDONDA. Implicaciones de la normativa reciente en el uso de las radiaciones.  
Moderadora: *Lucila Ramos*. Participantes: *Eliseo Vañó, Ramón de la Vega y Maite Sanz*
- 18:30 h. SESIONES PÓSTERS.
- 19:00 h. ASAMBLEA SEPR.

### **JUEVES 12 DE MAYO**

- 08:00 h. CURSO. Sistemas de verificación de tratamientos en RT externa.. Ponente: *Rafael Arráns*  
CURSO: Radon en casa y en el trabajo, nuevas evidencias epidemiológicas sobre su riesgo y dosimetría.  
Ponente: *Luis Santiago Quindós*
- 09:00 h. CONFERENCIA. Innovaciones tecnológicas en la radioterapia con modulación de intensidad.  
Ponente: *Feliciano García*
- CONFERENCIA. Preparación y respuesta ante emergencias radiológicas. Ponente: *Juan Carlos Lentijo*
- 10:00 h. SESIÓN A08. Protección y seguridad del paciente.  
Presidente: *Marisa España* Moderador: *José Miguel Fernández*
- SESIÓN A01. Fuentes de radiación natural. Exposición interna e interna. (Radón, Norm, etc).  
Presidente: *José Luis Martín Matarranz*. Moderador: *Rafael García Tenorio*



- 11:30 h. SESIÓN A02. Metrología y dosimetría física. Desarrollos científicos y aplicaciones prácticas.  
 Presidente: *Antonio Brosed*. Moderador: *Mercé Ginjaume*
- SESIÓN A17. Aspectos sociales y éticos de la Protección Radiológica.  
 Presidente: *Leopoldo Arranz*. Moderador: *Manuel Fernández Bordes*
- 12:30 h. SESIÓN A07. Efectos de la radiación sobre la salud.  
 Presidente: *Almudena Real* Moderador: *Felipe Cortés*
- SESIÓN A09. Aplicaciones médicas de otros agentes físicos. Biofísica.  
 Presidente: *Daniel Navajas*. Moderadora: *Juan Ureña*
- 15:00 h. CONFERENCIA. Protocolos de seguridad en las aplicaciones terapéuticas de las radiaciones ionizantes.  
 Ponente: *Pedro Ortiz*
- 16:00 h. SESIÓN A13. Desmantelamiento y clausura de instalaciones. Gestión de residuos radiactivos.  
 Presidente: *Lucila Ramos* Moderador: *Pedro Carboneras*
- SESIÓN A18. Radiaciones no ionizantes..  
 Presidente: *Rafael Ruiz Cruces*. Moderadora: *Alejandro Úbeda*
- 17:30 h. MESA REDONDA. Calidad y seguridad en la medida. Fiabilidad.  
 Moderador: *Antonio Brosed*. Participantes: *C. Sendín, José Ma de los Arcos, Mercé Ginjaume*
- 18:30 h. SESIONES PÓSTERS.
- 19:00 h. ASAMBLEA SEFM.

## VIERNES 13 DE MAYO

- 08:00 h. CURSO: Innovaciones en Braquiterapia. Ponentes: *José Pérez Calatayud y Mark Rivard*  
 CURSO: Diseño, ejecución y análisis de datos de un estudio epidemiológico. Ponente: *Elisabeth Cardis*
- 09:30 h. MESA REDONDA. Formación y docencia.  
 Participantes: *Eduardo Guibelalde, Marisa Marco, Eduardo Gallego, José Hernández Armas*
- 11:30 h. SESIÓN A10. Formación y docencia.  
 Presidente: *Teresa Eudaldo*. Moderador: *Eduardo Gallego*
- SESIÓN A15. Preparación y actuación en accidentes y emergencias radiológicas.  
 Presidente: *Ramón de la Vega* Moderador: *Miguel Pombar*
- 12:00 h. CURSO: Fusión de imágenes en planificación de tratamientos.  
 Ponente: *Carlos Huerga Cabrerizo*
- 13:00 h. CONFERENCIA DE CLAUSURA. Calidad y seguridad en el uso pacífico de las radiaciones y la Energía Nuclear. Ponente: *Massoud Samiei (OIEA)*



TODA LA INFORMACIÓN EN:  
<http://ibercongress.net/congresoconjunto/index.php>

# Dosimetría de extremidades en personal sanitario de radiología intervencionista y medicina nuclear

M. Ginjaume<sup>1</sup>, S. Pérez<sup>1</sup>, A. Carnicer<sup>1</sup>, X. Ortega<sup>1</sup>, M.L. Tormo<sup>2</sup>, I. Amor<sup>2</sup>, M. Rodríguez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Técnicas Energéticas- Universidad Politécnica de Cataluña

<sup>2</sup>Consejo de Seguridad Nuclear

## RESUMEN

*El control dosimétrico de los trabajadores constituye un aspecto fundamental de los programas de protección radiológica. En medicina nuclear y radiología intervencionista, existe un elevado riesgo potencial de recibir dosis equivalentes significativas en extremidades. En este trabajo se presentan los resultados principales de una campaña de medidas de extremidades que se ha llevado a cabo en estos colectivos.*

*Se ha comprobado que en los cuatro grupos de trabajadores que han participado en el estudio, la dosis equivalente en piel es la magnitud limitante desde el punto de vista de la protección radiológica y que los dosímetros de anillo proporcionan estimaciones superiores a las medidas obtenidas con los dosímetros de muñeca.*

*En el ámbito de la radiología intervencionista, el cirujano situado a distancias más próximas al haz es la persona que recibe mayores dosis. Los drenajes biliares han sido las intervenciones en las que se han registrado valores más elevados.*

*Entre los procedimientos de medicina nuclear analizados, la preparación de radiofármacos emisores PET ha resultado ser el que comporta una mayor dosis equivalente en piel por unidad de actividad manipulada.*

## ABSTRACT

*Monitoring of workers constitutes an important part of any radiological protection program. In some medical applications of radiation, such as nuclear medicine and interventional radiology, there is a high risk of receiving locally high exposures in the hands. This paper presents the main results of a measurement campaign of extremity dosimetry. The results confirm the need to introduce routine extremity monitoring. In addition it is shown that on general basis, the ring dosimeter is preferred to the wrist dosimeter, in particular for nuclear medicine.*

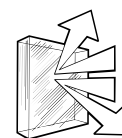
*In the field of interventional radiology, the surgeon located at distances closer to the beam is the person who received higher doses. Biliary drainage is the type of intervention for which higher values were recorded. Among the analyzed nuclear medicine procedures, the preparation of PET radiopharmaceuticals was found to be the one which entailed higher skin equivalent dose per unit of handled activity.*

## INTRODUCCIÓN

El control individual de la exposición a la irradiación externa es uno de los principales requisitos para asegurar una adecuada protección radiológica de los trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes. Habitualmente, la magnitud limitante en la vigilancia ocupacional es la dosis efectiva y, en particular, la dosis debida a los campos de radiación penetrante. Sin embargo, existen unos colectivos, cada vez más numerosos, que reciben o pueden recibir dosis equivalentes significativas en extremidades, habitualmente manos o dedos. Este es el caso de algunas prácticas del ámbito sanitario en radiología intervencionista o en medicina nuclear. De acuerdo con el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes [1], las autorizaciones admi-

nistrativas de las prácticas radiológicas requieren el uso de un dosímetro de cuerpo entero para el personal de categoría A y, si procede, de otro dosímetro en la parte del cuerpo más expuesta. En este contexto, el Instituto de Técnicas Energéticas (INTE) de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) y el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) firmaron, en diciembre de 2007, un acuerdo para llevar a cabo el proyecto de investigación que lleva por título: *Análisis de las técnicas de dosimetría de extremidades. Propuesta de una metodología de calibración y caracterización.*

Los objetivos principales del proyecto [2] se centraron en aportar mejoras a la sistemática utilizada hasta el momento para la determinación de las dosis en extremidades y en elaborar un protocolo de calibración y medida de los sistemas



de dosimetría de extremidades para garantizar la fiabilidad de los mismos. La metodología propuesta complementa los requisitos técnicos y administrativos para los servicios de dosimetría personal recogidos en la Guía de Seguridad del CSN 7.1 (rev.1) [3]. El proyecto incorpora un estudio de medidas de dosis en extremidades en cuatro instalaciones tipo entre las identificadas con riesgo potencial de irradiación en piel o manos. En este artículo se presenta un resumen de los principales resultados de dicha campaña de medidas.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

La campaña de medidas se ha llevado a cabo en un servicio de radiología intervencionista, en una unidad centralizada de radiofarmacia, en un laboratorio de radiofarmacia anexo a un ciclotrón para la preparación y suministro de  $^{18}\text{F}$  en forma de Fluordexoxiglucosa (FDG) y en un servicio de medicina nuclear para estudios de Tomografía por Emisión de Positrones (PET) donde se administran FDG a los pacientes. En cada una de las instalaciones han participado, como mínimo, dos trabajadores.

Las medidas dosimétricas se han llevado a cabo en el Servicio de Dosimetría Personal del Instituto de Técnicas Energéticas (INTE). En el Servicio de Radiología Intervencionista y en la Unidad Centralizada de Radiofarmacia, se ha empleado un portadosímetro de PVC en forma de anillo suministrado por la empresa Rados, con una filtración de  $30 \text{ mg/cm}^2$ . Como elemento sensible se utilizaron, respectivamente, un detector de  $\text{LiF:Mg,Cu,P}$  de  $8.5 \text{ mg/cm}^2$  de espesor, suministrado por la empresa TLD Poland bajo el nombre comercial MCP-Ns y un detector de  $\text{LiF:Mg,Ti}$  de  $240 \text{ mg/cm}^2$ , suministrado por la empresa Harshaw bajo el nombre TLD-100. Ambos sistemas han sido caracterizados de acuerdo con la norma ISO 12794 [3]. En las dos instalaciones que manipulan radiofármacos PET, con el fin de asegurar una mejor medida de la contribución de la radiación positrónica y conocer la distribución de la dosis en las manos, se han diseñado unos guantes especiales con 11 dosímetros, siguiendo el protocolo de medida adoptado en el proyecto de investigación del 7º Programa Marco de la Unión Europea, ORAMED [5] para el personal de medicina nuclear. El material termoluminiscente utilizado ha sido del tipo MCP-Ns y el filtro de la ventana de PVC de  $5 \text{ mg/cm}^2$ . En la figura 1 se muestra una fotografía del sistema dosimétrico utilizado en PET.

### **Radiología intervencionista**

Las técnicas intervencionistas guiadas por fluoroscopia son aplicaciones con radiaciones ionizantes tipificadas con mayor riesgo de exposición para el paciente y el personal que las

lleva a cabo. La amplia variedad de los procedimientos que se realizan actualmente, el avance en los materiales y técnicas y las ventajas para el paciente, hacen prever un aumento paulatino en el número de procedimientos. La instalación de radiología intervencionista que ha participado en el estudio es el Servicio de Radiodiagnóstico del Hospital de la Santa Creu i Sant Pau de Barcelona. Ha colaborado en el desarrollo del trabajo el Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica del mismo hospital.

Las estimaciones dosimétricas se llevaron a cabo en un quirófano, dotado de un equipo de rayos X consistente en un angiógrafo digital con imagen biplanar de la marca Philips, modelo Integris 5000. Este equipo consta de un sistema de medida y registro para el producto de la dosis por el área del haz de radiación, DAP, así como de elementos de protección contra la radiación. Éstos consisten en una cortina inferior plomada suspendida en la propia camilla, con un grosor equivalente a  $0.5 \text{ mm}$  de plomo, que protege las extremidades inferiores del personal de la radiación procedente del cabezal emisor de radiación y en una pantalla vertical para la protección de la parte superior del cuerpo y el cristalino formada por un cristal plomado también equivalente a  $0.5 \text{ mm}$  de plomo y en cuya base hay una falda acrílica de plomo. Esta pantalla vertical está suspendida de un brazo articulado y puede orientarse y situarse entre el paciente y el personal sanitario.

La carga de trabajo mensual del servicio durante la realización del presente trabajo fue de, aproximadamente, 29 procedimientos diagnósticos y 11 procedimientos terapéuticos complejos, mayoritariamente percutáneos. El equipo humano del servicio está constituido por un total de seis radiólogos y seis técnicos/enfermeros. La carga de trabajo se distribuye entre el personal. En cada procedimiento participa, como mínimo, un radiólogo, pudiendo llegar a intervenir dos radiólogos y dos técnicos o enfermeros, según el tipo de intervención y su complejidad. El personal que opera en el servicio dispone de delantales plomados, protectores de tiroides y guantes plomados. Los delantales plomados y protectores de tiroides son utilizados por todo el personal que se encuentra dentro del quirófano durante la realización del procedimiento intervencionista para reducir la exposición a las correspondientes partes del cuerpo. En general, los radiólogos también utilizaban guantes plomados modelo L3 de Ansell™ [6].

El control dosimétrico oficial se realiza mediante dosímetros de cuerpo entero y de muñeca. El dosímetro de cuerpo entero se sitúa bajo el delantal plomado. Para poder llevar a cabo una comparativa entre la dosimetría oficial, de cuerpo entero y de muñeca, y las dosis registradas en las manos con los dosímetros de anillo de este estudio, se asignó a los participantes un dosímetro oficial especial para ser utilizado sólo



Figura 1: Guantes especiales para la determinación de la distribución de la dosis en mano en instalaciones con radiofármacos PET (11 dosímetros por mano, 8 situados en la palma y 3 sobre las uñas).

en las intervenciones en las que se utilizaba el dosímetro de anillo.

### Unidad centralizada de radiofarmacia

Las unidades centralizadas de radiofarmacia (UCR) se encargan de suministrar a los servicios de medicina nuclear, "monodosis" preparadas con el tipo y cantidad de radionucleido solicitado, habitualmente, en forma de jeringuillas listas para ser administradas al paciente. En las UCR se manipulan grandes cantidades de material radiactivo, abarcando principalmente  $^{99m}\text{Tc}$ , eluido de generadores de  $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ , pero también otros radionucleidos empleados en aplicaciones diagnósticas y terapéuticas como  $^{32}\text{P}$ ,  $^{67}\text{Ga}$ ,  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{125}\text{I}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,... La Unidad de Radiofarmacia Centralizada seleccionada es el centro Cadisa de Barcelona. En esta instalación se manipulan, aproximadamente 3 TBq por técnico y mes, en su mayoría  $^{99m}\text{Tc}$  (99%). Han participado en el estudio seis técnicos.

La instalación dispone de elementos de protección específicos, como mamparas correderas de cristal plomado que permiten el control visual de las operaciones que se llevan a cabo y protegen el cuerpo del técnico del material radiactivo que está manipulando. Estas cabinas también cuentan con mamparas laterales plomadas, que protegen al personal del material radiactivo situado en la celda contigua. Adicionalmente, los técnicos utilizan siempre delantales y guantes plomados cuando llevan a cabo las dispensaciones, siendo los guantes equivalentes a 0.6 mm de plomo, lo que supone una atenuación de prácticamente el 75% de la radiación procedente de  $^{99m}\text{Tc}$  en las manos. Por otra parte, durante la manipulación de los viales que contienen la actividad a dispensar y en las técnicas de marcado de las muestras sanguíneas también se emplean protectores de plomo adaptados a los contenedores utilizados.

En la instalación se ha establecido un sistema rotatorio en las tareas a desarrollar, de tal forma que las operaciones con mayor riesgo de exposición se distribuyen entre todos los técnicos.

El control dosimétrico de extremidades se ha llevado a cabo durante un periodo de dos meses. En el mismo han participado seis técnicos que realizaron su trabajo de forma habitual pero llevando un dosímetro de anillo tipo Rados con detector de  $\text{LiF:Mg,Ti,P}$  (TLD-100) en la base del dedo meñique o anular de la mano dominante. La principal fuente de exposición para este personal procede de la manipulación de  $^{99m}\text{Tc}$ ,

cuya principal emisión corresponde a fotones de 140 keV. A lo largo del estudio se lleva un registro de las actividades manipuladas por cada técnico y el tipo de operaciones llevadas a cabo. Tanto las tareas de dispensación como el marcaje de kits fríos y de muestras sanguíneas se realizan de forma manual. El control dosimétrico oficial de estos trabajadores se realiza mediante dosímetros de cuerpo entero y de muñeca.

### Servicio de Medicina Nuclear: Laboratorio de Preparación de Radiofármacos Emisores de Positrones y Unidad de Administración de los mismos

La tomografía de emisión de positrones es una técnica no invasiva de diagnóstico que permite visualizar *in vivo* diversos procesos fisiológicos o fisiopatológicos y obtener imágenes tridimensionales tras la administración de un radiofármaco emisor de positrones. Desde su implantación en España a principio de los años 90, ha experimentado un rápido desarrollo. Debido al corto periodo de semidesintegración de los radionucleidos empleados en PET, éstos deben producirse mediante un ciclotrón situado cerca del laboratorio de radiofarmacia encargado de la síntesis y marcaje del radiofármaco. El emisor de positrones utilizado con mayor frecuencia en la práctica clínica es el  $^{18}\text{F}$ , en particular en forma de  $^{18}\text{F}$ -FDG. En este trabajo se han analizado las dosis recibidas por dos colectivos, los técnicos de laboratorio encargados de preparar las "monodosis" para los pacientes y el personal de enfermería encargado de la administración de las dosis.

El laboratorio de radiofarmacia anexo a un ciclotrón y el servicio de medicina nuclear para estudios de tomografía de emisión de positrones pertenecen al Servicio de Medicina Nuclear de la Clínica Universitaria de Navarra en Pamplona. Los controles dosimétricos y la coordinación del estudio se han llevado a cabo en colaboración con el Servicio de Protección Radiológica del centro.

El laboratorio de radiofarmacia prepara viales para servicios externos y "monodosis" para administrar a sus propios pacientes. Las actividades de radiofármaco manipuladas por

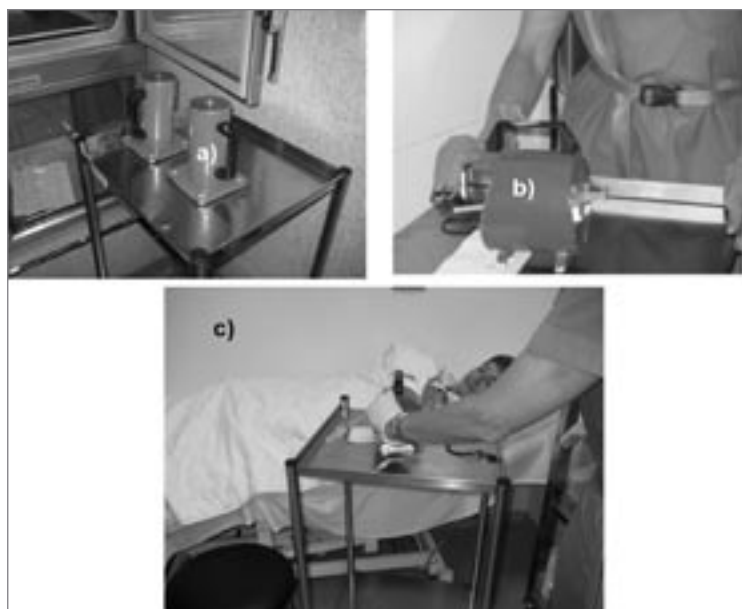
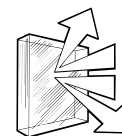


Figura 2: Principales etapas realizadas por el personal de enfermería encargado de la administración de los radiofármacos emisores de positrones.

cada técnico son de aproximadamente 25 GBq por mes, en su mayoría  $^{18}\text{F}$  (80%).

La fase de producción y síntesis del radiofármaco se efectúa de manera automatizada y controlada de forma remota por ordenador. Una vez finalizado el bombardeo, se transfiere la actividad producida en el blanco a la celda de síntesis, se completa el proceso de síntesis del radiofármaco y, posteriormente, se transfiere la solución final a un vial en la celda de dispensación. En general, el personal de la instalación no tiene contacto directo con el material radiactivo, salvo en situaciones excepcionales.

La celda de dispensación está plomada y dispone de aperturas frontales para introducir las manos, así como una apertura lateral para introducir y retirar material. El personal técnico de radiofarmacia prepara a partir de este vial diversas extracciones que incluyen pequeñas cantidades de solución para los controles de calidad y también las jeringas de distintos pacientes. En promedio se preparan "monodosis" de unos 450 MBq. Las distintas operaciones que se llevan a cabo consisten en verificar la actividad del vial, extraer la "monodosis" en la jeringa, verificar su actividad y colocarla en el blindaje de transporte (figura 2a). En todas estas operaciones se utiliza un blindaje para el vial y unas pinzas de unos 20 cm de largo.

El personal de enfermería traslada la jeringa del blindaje de transporte (figura 2a) al blindaje de plomo para la administración del fármaco (figura 2b). La jeringa en el nuevo blindaje es transportada del laboratorio de radiofarmacia a la sala de

administración. En la figura 2c, se muestra el proceso de administración.

Han participado en el estudio tres técnicos de laboratorio y dos técnicos de enfermería a los que se les han suministrado unos guantes especiales (figura 1). Cada par de guantes se utiliza aproximadamente para 10 pacientes, lo que equivale aproximadamente a unos dos o tres días de trabajo. Se utiliza como material sensible detectores MCP- $\text{Ns}$ .

El control dosimétrico oficial de estos trabajadores se realiza mediante un dosímetro de cuerpo entero y dos dosímetros de anillo, uno para cada mano que se sitúan en la base del dedo corazón con la parte sensible en la palma de la mano.

## RESULTADOS

### a) Radiología intervencionista

Las características generales de las intervenciones estudiadas se detallan en la tabla I, donde se indica el modo de acceso al paciente para cada tipo de intervención, las distancias promedio de la zona de trabajo al haz de radiación para cada uno de los trabajadores participantes en el estudio, así como los valores promedio del tiempo de fluoroscopia,  $\bar{T}_{E, I}$  y los productos DAP total,  $\overline{DAP}_T$ , y DAP de fluoroscopia,  $\overline{DAP}_F$ .

Las estimaciones de dosis se realizaron en cada intervención, para los dos radiólogos participantes y uno de los técnicos asistentes. No se asignó dosímetro para el resto de personal, puesto que estudios preliminares indicaban dosis en manos no significativas. Se registró la posición de uso de los dosímetros de anillo para cada usuario y procedimiento, siendo en todos los casos en la base de los dedos anular o meñique.

Los valores de dosis equivalente personal medidos en el tronco con un dosímetro situado debajo del delantal plomado se encuentran por debajo del nivel de registro, inferior a 0.10 mSv, confirmando que se lleva a cabo una adecuada protección del personal con los sistemas de protección utilizados. En cuanto a la dosimetría de extremidades, el cociente entre los valores de dosis equivalente personal,  $H_p(0.07)$  medidos con el sistema oficial, mediante dosímetro de muñeca, y en este estudio, mediante dosímetro de anillo, es del orden de 3-4.

En la tabla II se muestran los valores promedio estimados para la totalidad de procedimientos estudiados, la desviación típica de la media y el rango de valores de  $H_p(0.07)$  observados en manos.

El radiólogo principal, situado a distancias más próximas al haz, es quien recibe las dosis más significativas, identificándose los drenajes biliares como las intervenciones donde se registran las dosis en la piel de las manos más elevadas

Acceso al paciente	Procedimientos estudiados		Distancia promedio de la zona de trabajo al haz primario (cm)			$t_F$ (min)	$\overline{DAP}_T$ (Gy·cm <sup>2</sup> )	$\overline{DAP}_F$ (Gy·cm <sup>2</sup> )
	Tipo	Número	Radiólogo principal	Radiólogo secundario	Técnico			
Percutáneo	Drenajes biliares	12 terap.	13	88	280	36 (15 – 65)	319 (109 – 708)	306 (104 – 686)
		1 diagn.				4	9	4
	Vertebroplastias	11 terap.	15	61	205	23 (12 – 35)	302 (63 – 590)	246 (58 – 521)
Vena yugular interna	TIPS <sup>a)</sup>	7 terap.	61		200	46 (11 – 87)	847 (94 – 1750)	369 (27 – 1033)
Femoral	Embolizaciones	13 terap.	44	75	210	71 (18 – 114)	751 (205 – 2417)	365 (77 – 1510)
		Stents	2 terap.	13	45	260	35 (27 – 43)	298 (254 – 341)
		1 diagn.				16	215	23
Femoral, radial o cuello	Angiogramas	2 diagn. <sup>b)</sup>	10	–	325	20 (2 – 39)	210 (125 – 295)	35 (4 – 66)
Facial	Dacriocistografía	1 diagn. <sup>b)</sup>	10	–	325	1	14	0.2

a) Shunt porto-sistémico por vía cutánea transyugular, TIPS. Ambos radiólogos efectúan el mismo tipo de manipulaciones y se encuentran a la misma distancia del haz.  
b) Sólo participa un radiólogo por intervención.

Tabla I. Características de las 49 intervenciones estudiadas. Entre paréntesis se muestra el rango de valores para cada parámetro.

Procedimiento	$H_p(0.07)$ (mSv/procedimiento)					
	Radiólogo principal		Radiólogo secundario <sup>a)</sup>		Técnico	
	Mano derecha	Mano izquierda	Mano derecha	Mano izquierda	Mano derecha	Mano izquierda
Drenajes biliares	10±3 (1–36)	15±5 (3–38)	1.2 ± 0.7 (0.1–8)	0.8 ± 0.4 (0–3)	0.1 ± 0.0 (0–0.3)	0.0 ± 0.0 (0–0.1)
Vertebroplastias	7±1 (1–14)	5±1 (0.7–9)	0.1±0.0 (0–0.2)	0.1±0.0 (0–0.3)	0.1±0.0 (0–0.3)	0.1±0.0 (0 – 0.4)
TIPS	1.8±0.3 (0.5–4)	1.7±0.3 (0.3–4)	–	–	0.2±0.0 (0.1–0.3)	0.1±0.0 (0.1–0.2)

a) Para las intervenciones TIPS, ambos radiólogos efectúan el mismo tipo de manipulaciones y se encuentran a la misma distancia del haz primario.

Tabla II. Dosis promedio estimadas para cada uno de los puestos de trabajo estudiados. Entre paréntesis se indica el rango de valores medidos. La desviación típica de la media se expresa con  $k=1$ .

(de 1 a 38 mSv/proc), seguidas por las vertebroplastias (de 0.7 a 14 mSv/proc), los procedimientos TIPS (de 0.3 a 4 mSv/proc) y por último las embolizaciones (de 0 a 6 mSv/proc). De forma genérica, el personal que trabaja a distancias superiores a 1.0 m del haz de radiación no registra dosis significativas en las exploraciones estudiadas.

### b) Unidad centralizada de radiofarmacia

En la figura 3 se comparan las dosis mensuales promedio determinadas en este proyecto con el dosímetro de anillo y los resultados de la dosimetría oficial llevada a cabo con dosímetros de cuerpo entero y de muñeca para este personal.

El técnico 4 es el que registra las mayores dosis en manos, superando los 10 mSv mensuales. Los técnicos 3, 5 y 6 muestran dosis medias por debajo de 5 mSv/mes. Los técnicos 1 y 2 reciben dosis medias en mano en torno a los 6 mSv/mes y son, junto al técnico 3, los que más carga de trabajo han tenido durante el período de estudio. Puede observarse que los dosímetros de anillo aportan una mejor estimación de la dosis máxima recibida en piel. La relación entre las dosis en la piel de las manos estimadas mediante el prototipo de dosímetro de anillo respecto a las dosis aportadas por el dosímetro de muñeca oficial se encuentra en torno a 3.

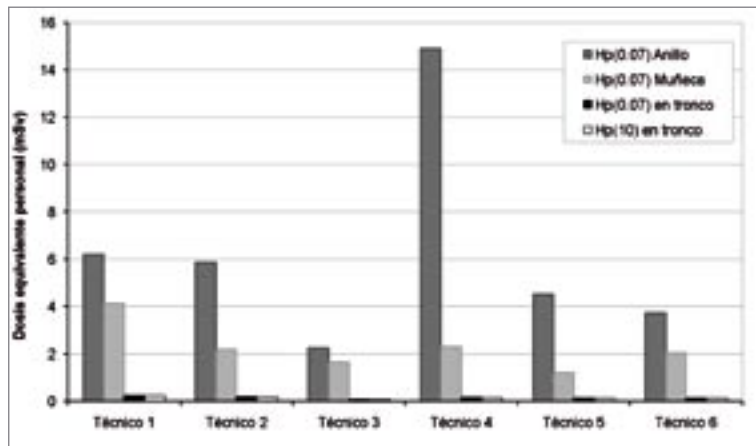
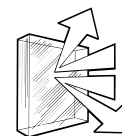


Figura 3: Comparativa de Hp(0.07) mensual estimada mediante dosimetría de anillo, dosimetría de muñeca y dosímetro de cuerpo entero situado en el tronco.

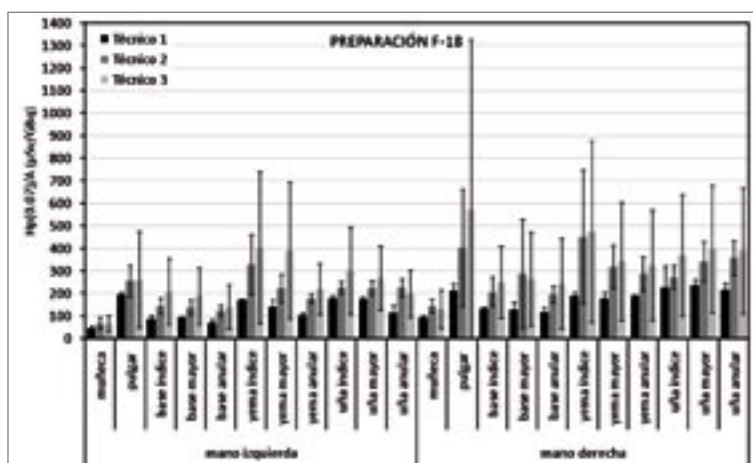


Figura 4: Distribución de Hp(0.07) por unidad de actividad FDG manipulada para el personal de radiofarmacia de un ciclotrón. Valor medio y desviación típica de un conjunto de 3 o 5 medidas. (Los tres técnicos que han participado en el estudio son diestros).

La dosis equivalente personal,  $H_p(0.07)$ , por unidad de actividad total manipulada, para cada técnico es del orden de 3.3  $\mu\text{Sv}/\text{GBq}$ , para el técnico 4 y entre 1.0 y 1.7  $\mu\text{Sv}/\text{GBq}$  para el resto de técnicos. Otros autores indican resultados entre 4 y 80  $\mu\text{Sv}/\text{GBq}$  [7] para el personal de radiofarmacia cuando realiza únicamente tareas de dispensación de  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ . En este sentido, puede afirmarse que las medidas de protección de la instalación, con guantes plomados, protectores de plomo para viales y el entrenamiento previo del personal para optimizar los procedimientos de manipulación y las dosis recibidas consiguen que los cocientes de dosis por unidad de actividad manipulada sean notablemente inferiores a los registrados en otras instalaciones.

### c) Laboratorio anexo a un ciclotrón para la preparación de FDG

En la figura 4 se muestran los resultados dosimétricos correspondientes a la preparación de  $^{18}\text{F}$  (FDG). Se presenta el valor medio de la dosis equivalente personal,  $H_p(0.07)$  normali-

zada por la actividad de  $^{18}\text{F}$  manipulada, para los 3 técnicos que han participado en el estudio en los once puntos de medida. En el caso del técnico 1 se ha efectuado el promedio de dos lecturas y de cinco lecturas para los otros dos técnicos. En el gráfico se representa también las barras de error correspondiente a la desviación típica del valor medio.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que de manera sistemática los técnicos 2 y 3 reciben dosis mayores que el técnico 1 y similares entre ellos. Se confirma asimismo que la dosis máxima no se recibe en la posición en la que habitualmente se utiliza el dosímetro de extremidades, ya sea de muñeca o de la base del dedo. La dosis máxima recibida por parte de los técnicos 2 y 3 se observa en el pulgar y yema del dedo corazón de la mano derecha. En el caso del técnico 1, la dosis máxima se registra en la uña del dedo mayor, aunque dentro de las incertidumbres de las medidas puede considerarse que para esta persona el máximo se sitúa en la punta de todos los dedos de manera bastante homogénea. Para los tres técnicos la mano derecha es la mano más expuesta. Se observa un buen acuerdo, dentro de la variabilidad de las medidas, entre los valores de dosis de anillo oficiales y las obtenidas en este trabajo en la base de los dedos. De manera sistemática la posición de la muñeca presenta un valor inferior al de la base de los dedos, por lo que se confirma una vez más que el uso de dosímetros de anillo permite efectuar una mejor estimación de la dosis máxima en piel que el dosímetro de muñeca. El cociente entre el valor máximo y la posición del anillo varía entre 1.6 y 3.3 con un valor medio de 2.5.

Si se comparan los resultados obtenidos para esta instalación con los de otros centros se constata que las dosis registradas se asocian a una buena práctica. En algunos centros que llevan a cabo actividades similares pero disponen de menos experiencia o emplean menos medios de protección se han medido dosis máximas en piel por unidad de actividad manipulada hasta 10 veces superior [8] a las obtenidas en este estudio, poniendo de manifiesto que la práctica seguida está bien optimizada.

### d) Servicio de medicina nuclear: administración de FDG

En la figura 5 se muestran los resultados obtenidos para la administración de  $^{18}\text{F}$  (FDG). Los datos corresponden al valor medio de la dosis equivalente en piel normalizada por la actividad de  $^{18}\text{F}$  administrada, para los dos técnicos de enfermería que han participado en el estudio. En promedio las dosis registradas para ambos técnicos son muy parecidas, sin embargo la

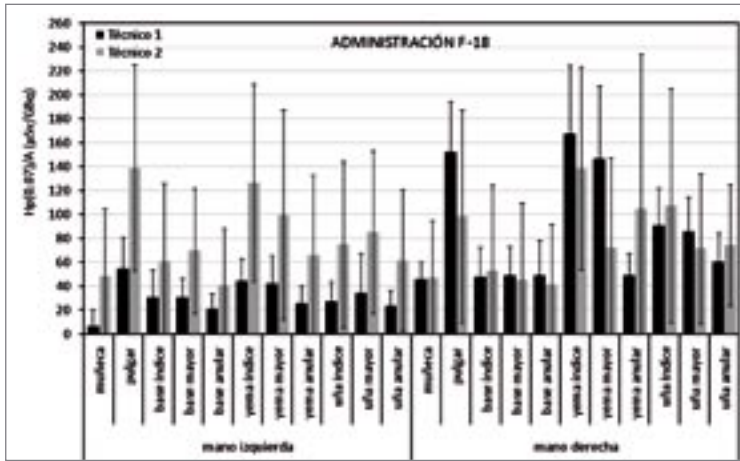


Figura 5: Distribución de  $H_p(0.07)$  por unidad de actividad FDG administrada, en el personal de enfermería. Valor medio y desviación típica de un conjunto de 5 medidas. (El personal que ha participado en el estudio es diestro).

distribución de la dosis en las distintas posiciones es distinta, debido a que el técnico 1 utiliza siempre la mano derecha y el técnico 2 utiliza ambas para desplazar el émbolo de la jeringa. La dosis máxima recibida se sitúa en el pulgar y las yemas del dedo corazón e índice. En promedio el cociente entre la dosis máxima y la dosis en muñeca es de 3.3 y entre la dosis máxima y la dosis en la base de los dedos de 2.2.

Por otra parte, se observa que los valores máximos de  $H_p(0.07)$  por unidad de actividad de FDG administrada ( $150 \mu\text{Sv}/\text{GBq}$ ) es del orden de tres veces inferior a los resultados del personal de laboratorio que preparan las "monodosis". En otras instalaciones no se observa una diferencia tan grande entre las operaciones de preparación y de administración del radiofármaco, por lo que se atribuye, en gran medida, al tipo de blindaje empleado.

**CONCLUSIONES**

Se ha comprobado que en los cuatro colectivos que han participado en el estudio, la dosis equivalente en piel es la magnitud limitante desde el punto de vista de la protección radiológica. En todos los trabajadores controlados, los valores de la dosis equivalente en piel determinada con el sistema de dosimetría de anillo han resultado superiores a las medidas obtenidas con los sistemas de dosimetría de muñeca. En los participantes que disponían de dosimetría oficial, con dosímetros de anillo, se ha observado una buena concordancia entre dichas medidas y los resultados de este trabajo.

En relación al ámbito de la radiología intervencionista, el radiólogo principal, situado a distancias más próximas al haz, es la persona que recibe mayores dosis. Los drenajes biliares han sido las intervenciones analizadas en las que se han registrado mayores dosis en la piel de las manos. En el ámbito de la medicina nuclear, de manera general, puede señalarse

que el personal que ha participado en el estudio recibe dosis en piel inferiores a las publicadas en otros trabajos, lo que pone de manifiesto la efectividad de las medidas de protección radiológica implantadas.

Sin embargo, se han identificado puestos de trabajo, en los que, en función de la carga de trabajo, pueden alcanzarse valores anuales de  $H_p(0.07)$  superiores a tres décimos de los límites de dosis en piel.

**AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen la colaboración de las instituciones, Hospital de la Santa Creu i Sant Pau, Clínica Universitaria de Navarra y Cadisa, y especialmente, la disponibilidad de los profesionales que han participado en las campañas de medidas.

Los estudios presentados han podido realizarse gracias al convenio suscrito con el Consejo de Seguridad Nuclear y la financiación del séptimo programa marco de la Comunidad Europea Euratom.

**BIBLIOGRAFÍA**

1. Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes («Boletín Oficial del Estado» número 178).
2. M. Ginjaume, A. Carnicer, X. Ortega. "Análisis de las técnicas de dosimetría de extremidades. Propuesta de una metodología de calibración y caracterización. Protocolo para la caracterización y calibración de dosímetros de extremidades". Ref. DRM-CSN-EX05, versión 2. Barcelona, Abril 2010.
3. GUÍA CSN 7.1 (Rev. 1) Consejo de Seguridad Nuclear "Requisitos técnicos-administrativos para los servicios de dosimetría personal. Consejo de Seguridad Nuclear". Madrid, 2006.
4. ISO 12794, International Organization for Standardization. Nuclear energy -Radiation protection- Individual thermoluminescence dosimeters for extremities and eyes. Geneva, 2000.
5. ORAMED - Optimization of radiation protection of medical staff Funded under 7th FP Research area: Fission-2007-3.2-01 Materials for transmutation technologies and advanced reactors, <http://www.oramed-fp7.eu>
6. Pérez, S., Ginjaume, M., Pallerol, R., Ribas, M., Ortega, X., Castaño, C. and Villalba, J. Dosis en manos y cristalino recibidas por personal intervencionista en técnicas terapéuticas complejas. Proc. XI Congreso Nacional de la Sociedad Española de Protección Radiológica, Tarragona 2007. Radioprotección, no 53 extraordinario: 402-406; 2007.
7. Berus, D., Covens, P., Buls, N., Van den Broeck, M., Van Holsbeeck, G. and Vanhavere, F. Extremity doses of workers in nuclear medicine: mapping hand doses in function of manipulation. Proc. 11th International Congress of the IRPA, Madrid 2004.
8. Ginjaume M., Carnicer A., Barth I., Donadille L., Fulop M., Krim S., Rimpler A., Ortega X., Sans Merce M., Struelens L., Vanhavere F., Baechler S. Hand dose distribution when handling radiopharmaceuticals in nuclear medicine. Annual Congress of the European Association of Nuclear Medicine. Barcelona, October 2009. <http://eanm09.eanm.org/abstracts/>
9. Carnicer A., Martí-Climent J.M., Ginjaume M., Ortega X., Prieto E., Quincoces G., Duch M.A. Optimization of occupational doses when administering PET radiopharmaceuticals. International Workshop on Optimization of Radiation Protection of Medical Staff, ORAMED 2011, Barcelona, 2011.



# Pruebas de aceptación en equipos digitales de mamografía. Aplicabilidad de protocolos.

R. Bermúdez Luna, M.L. España López, P. García Castañón, A. Gómez Barrado, G. Rodríguez Martín y V. Fernández Bedoya

Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica. Hospital Universitario de La Princesa

## RESUMEN

*Las pruebas de aceptación de los sistemas de mamografía son el primer paso para garantizar que el mamograma se obtendrá con la mínima dosis compatible con una imagen diagnóstica. El objetivo del presente trabajo es evaluar la aplicabilidad práctica de diferentes protocolos de aceptación en equipos de mamografía digital.*

*El estudio se ha realizado con los resultados de las pruebas de aceptación de cinco mamógrafos digitales con panel plano. Se estudiaron los parámetros establecidos en las especificaciones de compra de los equipos y los contenidos en los protocolos consultados. También se compararon los resultados obtenidos al considerar distintos protocolos, dado que la legislación vigente en nuestro país no obliga a seguir uno concreto. Los resultados muestran discrepancias entre las tolerancias de los protocolos considerados y las de los fabricantes en algunas pruebas. También, en pruebas como la compensación del control automático de exposición y el ruido del detector, hubo equipos que se encontraron dentro o fuera de tolerancia en función del protocolo seleccionado.*

*A la vista de los resultados obtenidos, se propone que los fabricantes adapten sus protocolos a documentos reconocidos de aceptación en mamografía digital e, incluso, que sea el comprador quien especifique el protocolo a seguir en la aceptación.*

## ABSTRACT

*Acceptance testing of mammographic imaging systems technical is the first approach in order to guarantee that mammograms will be achieved with the minimum radiation dose compatible with an image quality suitable for diagnostic purposes. The aim of this study is to assess the practical applicability of different protocols in acceptance tests of digital mammographic systems.*

*This study has been carried out on the results of the acceptance tests of five flat panel digital mammographic systems. Parameters established in the systems' technical specifications and those evaluated in the consulted protocols were tested. Due to the fact that the legislation in our country does not demand to consider a specified protocol, the results obtained were also compared considering different existing protocols. Results show discrepancies between manufacturers' limiting values and those established in the protocols. Some parameters, such as the automatic exposure control compensation and the detector noise, were found out to meet or not the limiting value, depending on the selected protocol.*

*From our results we could suggest, that protocols from manufacturers should be adapted to acknowledged documents on acceptance testing in digital mammography. The buyer's representative could even specify the protocol to be followed during the acceptance tests.*

## INTRODUCCIÓN

La mamografía sigue siendo la técnica más eficaz [1, 2] y con la sensibilidad más alta [3,4] para la detección precoz del cáncer de mama, y el cribado mamográfico ha demostrado reducir considerablemente la mortalidad por carcinoma de mama entre las mujeres que se someten al mismo [5-8]. Aunque hay discrepancias sobre la edad a la que se debe iniciar el programa [6, 9, 10] y la frecuencia de las exploraciones a realizar [9, 10], sigue siendo un procedimiento que afecta a un colectivo de personas asintomáticas [5, 9, 11],

por lo que el proceso de justificación debe ser muy riguroso [12] y también debe serlo el compromiso entre calidad de imagen óptima y la dosis de radiación [4].

Es importante tener en cuenta que la mama es un tejido muy radiosensible, de hecho, en 2007, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), en su publicación 103 [13], ha aumentado el factor de ponderación de la mama de 0,05 a 0,12, en base a estudios sobre cánceres radioinducidos. En los últimos años, con el objetivo de

optimizar la dosis recibida por la paciente manteniendo la calidad de imagen diagnóstica, ha habido una gran evolución en los equipos de mamografía. Un cambio importante ha tenido lugar en los materiales de los ánodos y los filtros [5, 14, 15-17]. También ha habido una evolución considerable en los sistemas de obtención y registro de la imagen, pasando de los sistemas tradicionales de cartulina-película a los sistemas de radiografía computarizada, hasta llegar, en la actualidad, a los equipos digitales con detector de panel plano, para lograr con la tecnología digital las elevadas exigencias en calidad de imagen que se requieren en esta técnica [17-20].

La legislación actual en nuestro país [21], establece que todos los equipos de radiodiagnóstico deben ser sometidos a una prueba de aceptación previa a su uso clínico que garantice que todos los parámetros cumplen las tolerancias establecidas. Dicha prueba de aceptación debe realizarla el suministrador del equipo en presencia de un representante del comprador, en este caso el Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica. Los parámetros imprescindibles a evaluar en la prueba de aceptación son aquéllos contenidos en las especificaciones de compra del equipo. Asimismo, los resultados obtenidos en la prueba de aceptación deben estar dentro de los límites establecidos en documentos de normalización aplicables, nacionales o internacionales.

Con los resultados obtenidos en la prueba de aceptación y otros correspondientes a pruebas adicionales realizadas por el Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica, se establece el estado de referencia inicial del equipo, que marcará los valores de referencia de los diferentes parámetros a evaluar en los controles de calidad periódicos.

La introducción de los equipos digitales en mamografía ha supuesto la necesidad de elaborar nuevos protocolos de control de calidad [11, 18, 19], con la inclusión de nuevos parámetros técnicos y metodología, y la definición de las respectivas tolerancias. Actualmente se cuenta, a nivel nacional, con el Protocolo de Control de Calidad en Mamografía Digital (PCCMD) [18], de la Sociedad Española de Física Médica, y varios protocolos internacionales, como la Guía Europea para el Control de Calidad en Cribado y Diagnóstico del Cáncer de Mama (Guía Europea) [11] y el protocolo del National Health Service Breast Screening Programme (NHSBSP) [19]. Además, cada fabricante tiene su propio protocolo a la hora de realizar las pruebas de aceptación de sus equipos e, incluso, algunos de ellos disponen de un programa de evaluación y análisis de la calidad de imagen asociado a sus propios maniqués. Ante la existen-

cia de diversos protocolos y el hecho de que la legislación vigente en nuestro país [21] no obliga a seguir uno en concreto, surge la posibilidad de obtener contradicciones en los resultados en función del protocolo seleccionado.

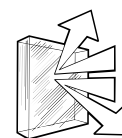
El objetivo del presente trabajo es el estudio de la aplicabilidad de diferentes protocolos en las pruebas de aceptación de equipos de mamografía digital con detector de panel plano y la problemática asociada.

### **MATERIAL Y MÉTODOS**

El estudio se ha basado en las pruebas de aceptación de cinco mamógrafos digitales con detector de panel plano instalados en la Comunidad de Madrid en los últimos tres años. De los cinco equipos, cuatro eran marca General Electric Medical Systems (GE, Wisconsin, EEUU), modelo Senographe Essential, con combinaciones ánodo/filtro Mo/Mo, Mo/Rh y Rh/Rh y detector de panel plano de silicio amorfo de tamaño de píxel de 100  $\mu\text{m}$ , y el último marca Siemens (Siemens Healthcare, Erlangen, Alemania) modelo Mammomat Inspiration con combinaciones ánodo/filtro Mo/Mo, Mo/Rh y W/Rh, y detector de panel plano AmRad de selenio amorfo, con tamaño de píxel de 85  $\mu\text{m}$ .

Las pruebas de aceptación, tal y como establece la legislación vigente [21], fueron realizadas por el suministrador, actuando como representante del comprador el Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica. Para la prueba de aceptación se establecieron, como mínimo, los parámetros y las tolerancias contenidos en las especificaciones técnicas del equipo suministradas por el fabricante. Durante las distintas pruebas de aceptación cada suministrador siguió su propio protocolo y metodología, que también fueron modificados entre las distintas pruebas de aceptación. Adicionalmente, a petición del Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica, se evaluaron otros parámetros considerados esenciales en el Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico (PECCR) [22], no contenidos en dichos protocolos. Asimismo, se evaluaron los parámetros propios de la mamografía digital, no incluidos en el protocolo anterior, considerados como esenciales en el PCCMD [18], siguiendo los métodos de medida que propone. Posteriormente, para la elaboración de este trabajo, se compararon los resultados obtenidos con los parámetros y tolerancias establecidos en la Guía Europea [11], en aquellas pruebas que siguen el mismo método de medida que el descrito en el PECCR [22] y el PCCMD [18].

Para la medida de kilovoltajes y tiempos de exposición se utilizaron los multímetros RMI (Radiation Measurements Inc., Middleton, Wisconsin, EEUU), Piranha y PMX-III (RTI



Electronics AB, Suecia). Las medidas de kerma en aire se realizaron con una cámara Radcal, modelo 20X5-6M (Radcal Corporation, Monrovia, California, EEUU) y los detectores R100 (Pirahna, RTI Electronics AB, Suecia) y R25 (PMX-III, RTI Electronics AB, Suecia).

Para la simulación de espesores de mama bajo compresión se emplearon placas de polimetilmetacrilato de metilo (PMMA), de 1 cm y 0,5 cm de espesor, para conseguir espesores de PMMA entre 2 cm y 7 cm, equivalentes en atenuación a mamas comprimidas de espesores comprendidos entre 2,1 cm y 9 cm. La geometría de estas placas varía entre fabricantes. Siemens empleó placas cuadradas en la aceptación de su equipo, mientras que en el caso de los equipos GE, se utilizaron placas triangulares, recomendadas por el suministrador, o rectangulares, en función de la prueba a realizar.

Con respecto a la calidad de imagen, el PCCMD [18] establece que sea evaluada con el maniquí de contraste-detalle CDMAM (Artinis Medical Systems, Nijmegen, Holanda) únicamente en la prueba de aceptación, y en el caso de que se hayan detectado alteraciones importantes en el comportamiento del equipo. Para el análisis y verificación de la constancia de la calidad de imagen, en los controles rutinarios, se propone emplear los maniqués tradicionales en condiciones clínicas de exposición.

Teniendo en cuenta lo anterior, la calidad de imagen se evaluó con el maniquí CDMAM. Las imágenes obtenidas fueron evaluadas automáticamente utilizando el software CDCOM, procesando los resultados de acuerdo con lo indicado en el trabajo de Young et al. [23]. También se emplearon los maniqués NRT (Nordic Roentgen Technology, Hasselager, Dinamarca), ACR (American College of Radiology, Reston, Virginia, EEUU) y TOR(MAS) (Leeds Test Object, Leeds, Reino Unido). La distorsión geométrica se caracterizó en los equipos GE con el maniquí Image Quality Signature Test, (IQST General Electric Company, Schenectady, Nueva York, EEUU). La resolución se determinó con el patrón de resolución en los equipos de GE y con la rejilla de definición SIB (Siemens Image and Blackening Test, Siemens Healthcare, Erlangen, Alemania) en el equipo de Siemens.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados se presentan en dos apartados. En el primero se resumen aquellas pruebas en las cuales hay discrepancias entre las tolerancias propuestas en la Guía Europea [11], los protocolos nacionales [18,22] y los protocolos de las casas comerciales. En el segundo se muestran pruebas en las cua-

les, a consecuencia de estas discrepancias, los equipos resultaban estar dentro o fuera de tolerancia según el protocolo seleccionado.

### **Comparación de los distintos protocolos**

Las diferencias entre las tolerancias de los fabricantes, las establecidas en la Guía Europea [11] y los protocolos españoles [18, 22] se muestran en la Tabla I.

En el estudio de la capa hemirreductora, la Guía Europea [11] establece la tolerancia para la combinación ánodo/filtro Mo/Mo, mientras que el PECCR [22] indica la misma tolerancia pero sin especificar la combinación ánodo/filtro. GE toma su tolerancia del PECCR [22], mientras que Siemens tiene definidas tolerancias más completas que las establecidas en la Guía Europea [11] y el PECCR [22], ya que fija una tolerancia distinta para cada combinación ánodo/filtro.

Los distintos protocolos analizados también muestran diferencias con respecto al valor establecido para la fuerza de compresión máxima. Además, la Guía Europea [11] y el PCCMD [18] especifican que su rango de valores corresponde a la fuerza máxima aplicada automáticamente, mientras que GE y Siemens no especifican si sus límites corresponden al modo manual o automático.

En la evaluación de la reproducibilidad del control automático de exposición (CAE), el PCCMD [18] es el que muestra la tolerancia más estricta para la misma, evaluada en términos de la relación señal-ruido (RSR), en comparación con el resto de protocolos analizados en la Tabla I.

Con respecto a la prueba de compensación del CAE para distintos espesores, el procedimiento de medida es el mismo según la Guía Europea [11], el PCCMD [18] y el protocolo de la casa del suministrador GE, pero los parámetros a evaluar y, por tanto, las tolerancias, son diferentes. Tanto la Guía Europea [11] como el PCCMD [18] evalúan cocientes de valores de la relación contraste-ruido (RCR) (Tabla I). La Guía Europea [11] muestra tolerancias diferentes a las establecidas en el PCCMD [18] debido al método utilizado para calcular los valores límite, que tienen en cuenta los resultados obtenidos en el test de imagen con el maniquí de contraste-detalle CDMAM [11, 24, 25]. De hecho, establece una tolerancia distinta para cada espesor, a diferencia del PCCMD [18], que divide los espesores en dos grupos (mayores y menores que 4,5 cm de PMMA) y establece una tolerancia para cada uno de ellos. En la Guía Europea [11] se especifica que las tolerancias están en revisión y recomienda comparar los

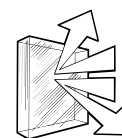
Prueba	Tolerancias	Tolerancias fabricante
Coincidencia campo luz-campo radiación	[11, 22]: $\leq \pm 5$ mm en cada borde del campo	GE: $< + 5$ mm en cada borde del campo Siemens: $\leq + 2\%$ de la DFD <sup>a</sup> en todos los bordes
Coincidencia campo luz-detector		GE: $< + 5$ mm para pared costal, lados derecho e izquierdo; $< 10$ mm para borde restante Siemens: $< \pm 2\%$ de la DFD en todos los bordes
Reproducibilidad kilovoltaje	[11, 22]: $\leq 0,5$ kV	GE: $\leq 0,5$ kV
Exactitud kilovoltaje	[11, 22]: $\leq \pm 1$ kV	GE y Siemens: $\leq \pm 1$ kV
Capa hemirreductora (a 28 kV)	[11]: $> 0,3$ mmAl, para Mo/Mo [22]: $> 0,3$ mmAl	GE: $> 0,3$ mmAl para toda combinación ánodo-filtro Siemens: $> 0,3$ mmAl para Mo/Mo $> 0,4$ mmAl para Mo/Rh $> 0,5$ mmAl para W/Rh
Tiempo de exposición en condiciones clínicas	[22]: $\leq 2$ s en condiciones clínicas para 4,5 cm de PMMA	GE: $\leq 2$ s en condiciones clínicas para 4,5 cm de PMMA
Linealidad del rendimiento con el tiempo	[22]: Coeficiente de linealidad: $\leq 10\%$	Coeficiente de linealidad: GE: $\leq 10\%$
Linealidad del rendimiento con el tamaño de foco		
Fuerza de compresión máxima	[11]: $\leq 130-200$ N (en automático) [22]: $\leq 150-200$ N (en automático)	GE: $\leq 150-210$ N Siemens: $< 30$ kg
Reproducibilidad del CAE <sup>b</sup>	[11]: Reproducibilidad RSR <sup>c</sup> $\leq \pm 10\%$ [18]: Reproducibilidad RSR y DG <sup>d</sup> $\leq \pm 5\%$	GE: Reproducibilidad RSR $\leq 10\%$ ; Reproducibilidad mAs $\leq \pm 5\%$ Siemens: Reproducibilidad VMP <sup>e</sup> , mAs y RSR $\leq \pm 10\%$
Compensación del CAE con distintos espesores	[11]: Espesor <sub>PMMA</sub> RCR <sup>f</sup> /RCR <sub>límite 5 cm</sub> 2 $> 1,15$ 3 $> 1,10$ 4 $> 1,05$ 4,5 $> 1,03$ 5 $> 1,00$ 6 $> 0,95$ 7 $> 0,90$ [18]: Espesor <sub>PMMA</sub> $< 4,5$ cm: RCR/RCR <sub>4,5 cm</sub> $> 1,05$ Espesor <sub>PMMA</sub> $> 4,5$ cm: RCR/RCR <sub>4,5 cm</sub> $> 0,8$	GE:  $\frac{RCR - RCR_{4,5\text{ cm}}}{RCR_{4,5\text{ cm}}} (\%) > -35\%$  (Desviación de la RCR respecto al espesor de 4,5 cm: $> -35\%$ )
Ruido del detector digital	[11]: Coeficiente R <sup>2</sup> del ajuste RSR <sup>2</sup> -KASE <sup>g</sup> como valor de referencia [18]: Coeficiente R <sup>2</sup> del ajuste RSR <sup>2</sup> -KASE $> 0,99$	GE: Equipo 1: R <sup>2</sup> ajuste KASE-Desviación típica VMP $\geq 0,95$ Equipo 2: R <sup>2</sup> ajuste KASE-RSR $> 0,99$ Equipos 3 y 4: R <sup>2</sup> ajuste KASE-RSR <sup>2</sup> $> 0,99$
Homogeneidad del receptor de imagen	[11]: Desviación máxima: VMP $\leq \pm 15\%$ , RSR $\leq \pm 15\%$ [18]: Desviación máxima: VMP $\leq \pm 15\%$ , RSR $\leq \pm 20\%$	GE: Desviación máxima VMP $\leq \pm 15\%$ Desviación máxima RSR $\leq \pm 15\%$

<sup>a</sup>DFD: distancia foco-detector; <sup>b</sup>CAE: control automático de exposición; <sup>c</sup>RSR: relación señal-ruido; <sup>d</sup>DG: dosis glandular; <sup>e</sup>VMP: valor medio de píxel; <sup>f</sup>RCR: relación contraste-ruido; <sup>g</sup>KASE: kerma en aire en la superficie de entrada.

Tabla I. Pruebas en las que se encontraron diferencias al comparar las tolerancias establecidas en la Guía Europea [11], el PCCMD [18], el PECCR [22], las encuestas técnicas y las tolerancias de los fabricantes.

valores de la RCR obtenidos en posteriores controles con los obtenidos en la aceptación. El suministrador GE utiliza como parámetro a evaluar en esta prueba la desviación de la RCR de cada espesor con respecto a la RCR obtenida para el espesor de 4,5 cm de PMMA y establece una única tolerancia para todos los espesores. Siemens no especifica parámetro a evaluar ni tolerancia para esta prueba.

En el estudio del ruido del detector digital, la Guía Europea [11] y el PCCMD [18] valoran el ajuste lineal del cuadrado de la RSR en función del kerma en aire en la superficie de entrada (KASE). La Guía Europea [11] considera el valor del coeficiente R<sup>2</sup> de dicho ajuste como valor de referencia inicial para futuros controles, sin establecer una tolerancia fija, a diferencia del PCCMD [18], que sí establece que R<sup>2</sup> debe



Tolerancia GE	Espesor PMMA (cm)	Espesor equivalente de mama comprimida (cm)	Equipo 1 (GE)	Equipo 2 (GE)	Equipo 3 (GE)	Equipo 4 (GE)
$\frac{RCR^a - RCR_{4,5\text{ cm}}}{RCR_{4,5\text{ cm}}} (\%) > -35\%$ (Desviación de la RCR respecto al espesor de 4,5 cm: > -35%)	2	2,1	114,6 %	56,9 %	168,5 %	63,2 %
	3	3,2	56,1 %	19,9 %	31,6 %	29,7 %
	4	4,5	27,4 %	-0,7 %	1,2 %	3,8 %
	5	6	31,8 %	-9,6 %	-6,6 %	4,5 %
	6	7,5	-4,1 %	-27,5 %	-24,2 %	20,1 %
	7	9	-20,0 %	-34,8 %	-29,0 %	-

<sup>a</sup>RCR: relación contraste-ruído

Tabla II. Resultados obtenidos en la compensación del CAE para distintos espesores, comparados con las tolerancias establecidas por GE.

Tolerancia [18]	Espesor PMMA (cm)	Espesor equivalente de mama comprimida (cm)	Equipo 1 (GE)	Equipo 2 (GE)	Equipo 3 (GE)	Equipo 4 (GE)	Equipo 5 (Siemens)
Espesor <sub>PMMA</sub> < 4,5 cm:	2	2,1	2,15	1,57	2,69	1,63	1,20
	3	3,2	1,56	1,20	1,32	1,30	1,10
RCR <sup>a</sup> /RCR <sub>4,5 cm</sub> > 1,05	4	4,5	1,27	<b>0,99</b>	<b>1,01</b>	<b>1,04</b>	1,07
	5	6	1,32	0,90	0,93	0,95	1,02
Espesor <sub>PMMA</sub> > 4,5 cm:	6	7,5	0,96	<b>0,72</b>	<b>0,76</b>	<b>0,80</b>	0,81
	7	9	<b>0,80</b>	<b>0,65</b>	<b>0,71</b>	-	<b>0,67</b>

<sup>a</sup>RCR: relación contraste-ruído

Tabla III. Resultados obtenidos en la compensación del CAE para distintos espesores, comparados con las tolerancias establecidas por el PCCMD [18].

Tolerancia [11]	Espesor PMMA (cm)	Espesor equivalente de mama comprimida (cm)	Equipo 1 (GE)	Equipo 2 (GE)	Equipo 3 (GE)	Equipo 4 (GE)	Equipo 5 (Siemens)
$RCR^a/RCR_{\text{límite } 5\text{ cm}}$ > 1,15 > 1,10 > 1,05 > 1,03 > 1,00 > 0,95 > 0,90	2	2,1	2,73	4,11	6,80	2,87	1,72
	3	3,2	1,99	3,14	3,33	2,28	1,58
	4	4,5	1,62	2,60	2,56	1,83	1,50
	4,5	5,3	1,27	2,62	2,53	1,76	1,42
	5	6	1,68	2,37	2,37	1,68	1,42
	6	7,5	1,22	1,90	1,92	1,41	1,13
	7	9	1,02	1,71	1,80	-	0,94

<sup>a</sup>RCR: relación contraste-ruído

Tabla IV. Resultados obtenidos en la compensación del CAE para distintos espesores, comparados con las tolerancias establecidas por la Guía Europea [11].

tener un valor superior a 0,99. Además, en la evaluación de este parámetro, se encontraron tres tolerancias distintas aplicadas por un mismo fabricante, en diferentes periodos de tiempo, en las distintas pruebas de aceptación de sus equipos. El primero de estos tres equipos se aceptó dos meses antes de publicarse la primera versión del PCCMD [18], con una tolerancia establecida por el fabricante.

### Resultados de las pruebas de aceptación en función del protocolo aplicado

Al analizar los resultados de las pruebas de aceptación se encontraron dos parámetros que quedaban dentro o

fuera de tolerancia en función del protocolo escogido. Estos parámetros fueron: la compensación del CAE para distintos espesores y el ruido del detector digital de panel plano.

#### 1. Compensación del CAE para distintos espesores

Los resultados de la prueba de la compensación del CAE para distintos espesores se compararon con las tolerancias propuestas por GE, el PCCMD [18] y la Guía Europea [11], teniendo en cuenta el parámetro evaluado en cada protocolo. Los resultados se muestran en las Tablas II, III y IV, en las cuales se han resaltado los valores fuera de tolerancia.

Tolerancia [18]	Equipo 1 (GE)	Equipo 2 (GE)	Equipo 3 (GE)	Equipo 4 (GE)	Equipo 5 (Siemens)
Coficiente R <sup>2</sup> del ajuste lineal (RSR <sup>a</sup> ) <sup>2</sup> - KASE <sup>b</sup> > 0,99	Mo/Mo: <b>0,967</b> Mo/Rh: <b>0,961</b> Rh/Rh: <b>0,976</b>	Rh/Rh: <b>0,940</b>	Mo/Mo: <b>0,883</b> Mo/Rh: <b>0,761</b> Rh/Rh: <b>0,884</b>	Rh/Rh: 0,999	Mo/Mo: 0,995 W/Rh: 0,999

<sup>a</sup>RSR: relación señal-ruido; <sup>b</sup>KASE: kerma en aire en la superficie de entrada.

Tabla V: Resultados obtenidos en el estudio del ruido de los detectores digitales, teniendo en cuenta la tolerancia propuesta en el PCCMD [18].

Tolerancia GE	Equipo 1 (GE)	Equipo 2 (GE)	Equipo 3 (GE)	Equipo 4 (GE)
Equipo 1: R <sup>2</sup> ajuste KASE <sup>a</sup> - Desviación típica VMP <sup>b</sup> ≥ 0,95 Equipo 2: R <sup>2</sup> ajuste RSR <sup>c</sup> - KASE > 0,99 Equipo 3 y 4: R <sup>2</sup> ajuste RSR <sup>2</sup> - KASE > 0,99	Mo/Rh: 0,995 Rh/Rh: 0,995	Rh/Rh: <b>0,95</b>	Mo/Mo: <b>0,883</b> Mo/Rh: <b>0,761</b> Rh/Rh: <b>0,884</b>	Rh/Rh: 0,999

<sup>a</sup>KASE: kerma en aire en la superficie de entrada; <sup>b</sup>VMP: valor medio de píxel; <sup>c</sup>RSR: relación señal-ruido.

Tabla VI: Resultados obtenidos en el estudio del ruido de los detectores digitales, teniendo en cuenta la tolerancia propuesta por GE.

Todos los equipos GE se encontraron dentro de las tolerancias establecidas por el fabricante para todos los espesores de PMMA considerados. Al considerar el PCCMD [18], el resultado más significativo fue que ningún equipo cumplió con la tolerancia establecida para el espesor de 7 cm de PMMA. Este espesor no se valoró en el caso del equipo 4. Puesto que un espesor de mama equivalente a dicho espesor de PMMA es muy poco común en la práctica clínica, sería conveniente una reevaluación de esta tolerancia en posteriores versiones del PCCMD [18], en revisión en el momento en que se redactó este trabajo.

Tres de los equipos también se comportaron fuera de tolerancia, tanto para el maniquí de 4 cm de PMMA, como para el de 6 cm (Tabla III), lo que se atribuyó a un fallo en el ajuste inicial del CAE y no a una tolerancia demasiado estricta, por lo que se procedió a un nuevo ajuste del sistema.

Al aplicar las tolerancias establecidas en la Guía Europea [11], todos los equipos se encontraron dentro de tolerancia en esta prueba, para todos los espesores de PMMA considerados.

## 2. Ruido del detector digital

Los detectores digitales de tres de los mamógrafos mostraron problemas con el ruido según la tolerancia propuesta por el PCCMD [18], dos de ellos para todas las combinaciones ánodo/filtro disponibles (Tabla V). Dos de estos tres equipos también resultaron estar fuera de tolerancia según los valores establecidos por el fabricante, aunque sí cumplían la tolerancia del programa de control de calidad instalado en el propio equipo, siendo necesaria la intervención del suministrador en dichos equipos (Tabla VI).

Con respecto a los resultados obtenidos al evaluar el ruido de los detectores se propone que las casas comerciales ajusten su metodología, de medida y evaluación de resultados, a protocolos nacionales o internacionales, fácilmente reproducibles por el usuario en posteriores controles.

## CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos se concluye, por una parte, que las casas comerciales deberían adaptar sus protocolos a las tolerancias y metodología especificadas en alguno de los protocolos nacionales o internacionales existentes sobre control de calidad de equipos de mamografía digital. Incluso podría valorarse la posibilidad de que fuese el comprador quien determinase el protocolo a seguir por parte de los suministradores en las pruebas de aceptación.

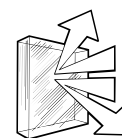
Por otra parte, deberían reevaluarse algunas de las tolerancias en el PCCMD [18], en revisión en el momento en el que se escribió este trabajo, tales como la tolerancia correspondiente a la compensación del CAE para espesores de 7 cm de PMMA y la establecida para el ruido del detector digital.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo agradecen la colaboración y ayuda prestada en las cinco pruebas de aceptación por la profesora Margarita Chevalier, del Grupo de Física Médica de la Universidad Complutense de Madrid.

## REFERENCIAS

- [1]. Monnin P., Gutiérrez D., Bulling S., Lepori D., Valley J.F., Verdun F.R. A comparison of the performance of modern screen-film and digital mammography systems. *Phys. Med. Biol.* 50: 2617-2631; 2005.



- [2]. Meeson S., Young K.C., Wallis M.G., Cooke J., Cummin A., Ramsdale M.L. Image features of true positive and false negative cancers in screening mammograms. *BJR* 76: 13-21; 2003.
- [3]. Kallergi M. Digital Mammography: From Theory to Practice. *Cancer Control JMCC* 5 (1): 72-79; 1998.
- [4]. Delis H., Spyrou G., Costaridou L., Tzanakos G., Panayiotakis G. Suitability of new anode materials in mammography: dose and subject contrast considerations using Monte Carlo simulation. *Med Phys* 33 (11): 4221-4235; 2006.
- [5]. American College of Radiology. ACR Practice Guideline for the Performance of Screening and Diagnostic Mammography 2008 (Res. 24); 2008.
- [6]. Humphrey L.L., Helfand M., Chan B.K.S., Woolf S.H. Breast Cancer Screening: A Summary of the Evidence for the U.S. Preventive Services Task Force. *Ann Intern Med.* 137 (5): 347-367; 2002.
- [7]. Pisano E.D., Gatsonis C., Hendrick E., Yaffe M., Baum J.K., Acharyya S., Conant E.F., Fajardo L.L., Bassett L., D Orsi C., Jong R., Rebner M. Diagnostic Performance of Digital versus Film Mammography for Breast-Cancer Screening. *N ENG J MED* 353 (17): 1773-1783; 2005.
- [8]. Mahesh M. Digital Mammography: An Overview. *RadioGraphics* 24: 1747-1760; 2004.
- [9]. National Council on Radiation Protection and Measurements. A Guide to Mammography and Other Breast Imaging Procedures. NCRP Report no 149. Bethesda; 2004.
- [10]. Smith-Bindman R., Chu P.W., Miglioretti D.L., et al. Comparison of Screening Mammography in the United States and the United Kingdom. *JAMA* 290 (16): 2129-2137; 2003.
- [11]. Comisión Europea. European Guidelines for Quality Assurance in Breast Cancer Screening and Diagnosis. 4a edición. Perry N., Broeders M., de Wolf C., Törnberg S., Holland R., von Karsa L. Luxemburgo: Office for Official Publications of the European Communities; 2006.
- [12]. Council of Europe Committee of Ministers Recommendation No. R (94) 11 of the Committee of Ministers to Member States on Screening as a Tool of Preventive Medicine (Adopted by the Committee of Ministers on 10 October 1994 at the 518th meeting of the Ministers' Deputies); 1994.
- [13]. Comisión Internacional de Protección Radiológica. Las Recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica. ICRP Publicación 103. Traducción Oficial al español de la publicación ICRP 103. Ed. SEPR; 2007.
- [14]. Pisano E.D., Yaffe M.J., Kuzmiak C.M. Digital Mammography. Ed. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia; 2004.
- [15]. American College of Radiology. Practice Guideline for Determinants of Image Quality in Digital Mammography 2007 (Res. 35); 2007.
- [16]. Smith A., Chen B., Semine A., Minimizing Dose in Digital Mammography. Tungsten x-ray tubes with rhodium and silver filters optimize image quality. Hologic, Inc., Bedford, MA; 2008 ([http://www.hologic.com/data/WP-00005\\_Tungsten\\_01-08.pdf](http://www.hologic.com/data/WP-00005_Tungsten_01-08.pdf)).
- [17]. Varjonen M., Strömmer P. Optimizing the anode-filter combination in the sense of image quality and average glandular dose in digital mammography. *Medical Imaging 2008*: Edited by Hsieh, Jiang, Samei, Ehsan. Proceedings of the SPIE (6913): 69134K-69134K-8; 2008.
- [18]. Chevalier M., Morán P., Morant J.J., Miquélez S., Torres R. Protocolo de Control de Calidad en Mamografía Digital. Sociedad Española de Física Médica. Ed. Edicomplet, Madrid; 2008.
- [19]. National Health Service Breast Screening Programme. Commissioning and Routine Testing of Full Field Digital Mammography Systems. NHSBSP Equipment Report O604. Versión 3; 2009.
- [20]. Krug K.B., Stützer H., Girnus R., Zähringer M., Goßmann A., Winnekendonk G., Lackner K. Image Quality of Digital Direct Flat-Panel Mammography Versus an Analog Screen-Film Technique Using a Phantom Model. *AJR* 118: 399-407; 2007.
- [21]. Gobierno de España. Real Decreto 1976/1999, de 23 de diciembre, por el que se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico. RD 1976/1999 BOE 29 de diciembre de 1999 311: 45891-45900; 1999.
- [22]. Sociedad Española de Física Médica y Sociedad Española de Protección Radiológica. Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico. Aspectos técnicos. Versión 1. Ed Edicomplet, Madrid; 2002.
- [23]. Young K.C., Al Sager A., Oduko J.M., Bosmans H., Verbrugge B., Geertse T., Van Engen R. Evaluation of software in reading images of the CDMAM test object to assess digital mammography systems. In J. Hsieh; E. Samei (eds): Proceedings of SPIE Medical Imaging 2008, 6913-47; 2008.
- [24]. Chevalier M., Morán P., Valverde J., Núñez de Villavicencio C. Resultados del control de calidad de un sistema mamográfico de campo completo Hologic Selenia aplicando el protocolo español en mamografía digital. *Rev Fis Med* 9 (3): 127-132; 2008.
- [25]. National Health Service Breast Screening Programme. Technical Evaluation of Siemens Mammomat Inspiration Full Field Digital Mammography System. NHSBSP Equipment Report O909; 2009.

# Caracterización físico-química y radiactiva de los sub-productos provenientes de la industria de dióxido de titanio para su valorización en la industria del cemento: implicaciones radiológicas

M.J. Gázquez<sup>(1)</sup>, J. Mantero<sup>(2)</sup>, J.P. Bolívar<sup>(1)</sup>, R. García-Tenorio<sup>(2)</sup> y F.Vaca<sup>(1)</sup>

<sup>1</sup>Departamento Física Aplicada Universidad de Huelva.

<sup>2</sup>Departamento Física Aplicada II. Universidad de Sevilla.

## RESUMEN

*El presente trabajo tiene como objetivo la caracterización físico-química y radiactiva, de las materias primas (ilmenita y slag), residuo (yeso rojo) y co-productos (caparrosa y monohidrato), procedentes de la industria de producción de dióxido de titanio. Para ello, se analizó su composición elemental (componentes mayoritarios y elementos trazas), así como su granulometría, mineralogía, composición morfológica y contenido radiactivo. Esta caracterización pretende obtener información para las posibles aplicaciones del residuo y de los co-productos en diferentes campos como, construcción, ingeniería civil, etc.*

*En particular, se han estudiado las propiedades más importantes de los cementos producidos con diferentes porcentajes de yeso rojo, comparando estas mezclas con un cemento Portland comercial (CEM).*

*Se ha comprobado que además de cumplir todas las normas de calidad exigibles, tanto los niveles de lixiviación de elementos potencialmente peligrosos, como los niveles de radiactividad presentes en los nuevos cementos obtenidos, son ambientalmente aceptables.*

## ABSTRACT

*The present study was conducted to characterize the raw materials (ilmenite and slag), waste (red gypsum) and several co-products (sulphate monohydrate and sulphate heptahydrated) from the titanium dioxide industry in relation to their elemental composition (major, minor and trace elements), granulometry, mineralogy, microscopic morphology, physical composition and radioactive content in order to apply this knowledge in the valorization of the co-products in fields such as construction, civil engineering, etc.*

*In particular, the main properties of cements produced with different proportions of red gypsum were studied, and the obtained improvements, in relation to Ordinary Portland Cements (OPC), were evaluated.*

*It was also demonstrated that the levels of pollutants and the radioactive content in the produced RG cements, remain within the regulated safety limits.*

## INTRODUCCIÓN

Debido a la creciente concienciación en la protección de la salud y el medio ambiente, actualmente la valorización de residuos generados en la mayoría de los procesos industriales es objeto de una profunda investigación. Por otra parte, no hay que dejar de lado los posibles beneficios económicos procedentes de esta valorización [1-2]. La minimización en la producción de residuos, evitando su liberación directa al medio ambiente, genera no sólo beneficios ambientales sino también la obtención de ciertos co-productos con valor económico que pueden ser destinados a nuevas aplicaciones [3]. Un uso potencial muy desarrollado para ciertos residuos industriales es su incorporación en la industria cementera [4-7].

Este trabajo se enmarca en la potenciación del aprovechamiento de la fracción o fracciones valorizables de los residuos generados en procesos industriales, siempre y cuando se empleen procesos ambientalmente aceptables y de impacto radiológico reducido.

Una primera etapa consiste en analizar en profundidad el comportamiento y distribución de las sustancias más relevantes y elementos potencialmente tóxicos y radiotóxicos a lo largo de las diferentes etapas del proceso industrial, con objeto de evaluar las implicaciones medioambientales y de salud en los futuros usos comerciales de los co-productos y residuos generados.

En nuestro caso, hemos realizado el estudio en una industria NORM (Natural Occurring Radioactive Materials), situada





en Palos de la Frontera, provincia de Huelva, dedicada a la producción de pigmento de dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), Tioxide Europe S.L. Es la única industria de estas características que hay actualmente en España. Esta planta, especializada en la producción de este pigmento para plásticos, lo produce por la "vía sulfato" utilizando como principales materias primas un mineral denominado ilmenita ( $\text{Fe}_2\text{TiO}_3$ ) y ácido sulfúrico concentrado ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  al 98%). Un esquema general del proceso de producción se muestra en la figura 1.

### Proceso industrial

El proceso comienza con la mezcla de un 85% de ilmenita (ILM), titanato de hierro, y un 15% de slag (SLAG), producto procedente de la fusión de ilmenita y enriquecido en titanio [8,9], la cual se seca y muele hasta un tamaño de grano adecuado. A continuación, la mezcla se introduce en los digestores, donde se procede a su disolución con ácido sulfúrico al 98%. Para que la reacción se lleve a cabo necesita ser activada con ácido diluido, el cual es recuperado de etapas posteriores del proceso.

La mezcla (pulpa) resultante de la digestión se hace pasar por chatarra para reducir el hierro de  $\text{Fe}^{3+}$  a  $\text{Fe}^{2+}$ , con el fin de asegurar que el hierro permanece en disolución, procediéndose después a la separación de una pequeña fracción de material inatacado (lodos insolubles), los cuales son convenientemente inertizados y almacenados.

Una vez separados los "inatacados", se realiza la precipitación por hidrólisis del dióxido de titanio. En el proceso de separación por precipitación del  $\text{TiO}_2$  se generan una serie de efluentes, o corrientes ácidas, realizándose un filtrado y lavado de la pulpa de dióxido de titanio para eliminar los restos ácidos, ver figura 1. A continuación, se entra en

la etapa de calcinación, cuyo objeto es eliminar la hidratación que presenta el dióxido de titanio, acondicionando el producto mediante molienda, revestimiento y micronizado, hasta la obtención del pigmento comercial.

Del sobrenadante de la precipitación del dióxido de titanio se obtiene una disolución ácida fuerte, rica en sulfatos metálicos en disolución. Esta solución es tratada para obtener en primer lugar por cristalización el sulfato de hierro heptahidratado  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , conocido comercialmente como caparrosa (CAP). Posteriormente, la solución remanente se concentra, precipitando el sulfato de hierro monohidrato  $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , conocido comercialmente con el nombre de Sulfafer® o monohidrato (MON). Finalmente, nos queda un ácido sulfúrico que se recicla en el proceso, como ácido débil necesario en la activación de la digestión ácida.

Del lavado final de la pulpa de  $\text{TiO}_2$  se obtiene una corriente ácida, cuya acidez y metales presentes se neutralizan con cal, dando lugar a la formación de los yesos rojos (YR), y un líquido resultante que es eliminado mediante vertido a la ría de Huelva. Hasta ahora estos yesos rojos generados se han destinado a los vertederos. Esta política le resulta costosa a la empresa, por lo que decidieron buscar un uso comercial para los mismos.

En este estudio se ha analizado la posibilidad de sustituir el yeso natural por yeso rojo como retardante del fraguado en la fabricación de dichos cementos, comparándose las diferentes mezclas obtenidas con un cemento comercial (CEM). Hay que tener en cuenta que el yeso natural (YN) se añade al clinker<sup>1</sup>, en una proporción de entre un 3 y un 5 % [10], como regulador del fraguado para obtener cementos comerciales. En este estudio se ha hecho un especial hincapié en el riesgo que pudiera tener dicha sustitución desde el punto de vista de la protección radiológica.



Figura 1. Esquema del proceso industrial para la obtención del dióxido de titanio

### MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de materia prima (ILM y SLAG), residuo (YR) y co-productos (CAP y MON) usados en este estudio, se recogieron de la planta de producción de dióxido de titanio. Se llevaron a cabo 5 muestreos durante un mes, con el objetivo de analizar la posible variabilidad temporal en la composición de las mismas. Las materias primas se secaron a  $105^\circ\text{C}$  hasta peso constante, mientras que el yeso rojo y los co-productos se secaron a  $45^\circ\text{C}$  para evitar la pérdida de agua estructural. Tras ello se procedió a su adecuación y preparación (molienda y tamizado).

	CEM I, 52.5 N/SR	Clinker	Yeso Rojo
CEM	100	-	-
YA	-	97.5	2.5
YB	-	95	5
YC	-	90	10

Tabla 1.- Porcentajes en las diferentes mezclas de clinker y yeso rojo utilizadas para obtener los diferentes cementos, junto con la muestra de cemento comercial.

Para llevar a cabo el estudio, se han realizado varias mezclas de prueba con diferentes porcentajes de yeso rojo y clinker. Las propiedades de estas mezclas se han comparado con un cemento comercial (CEM) compuesto por una mezcla de 97 % clinker y 3% yeso natural, que presenta una categoría resistente de 52.5 N/mm<sup>2</sup>. Las diferentes mezclas utilizadas se presentan en la tabla 1.

En primer lugar, se realizó una identificación de las distintas fases minerales por difracción de rayos X (DRX), usando el método de polvo desorientado en un difractor Bruker, empleando la radiación K $\alpha$  del Cu, mediante su excitación con una corriente de 30 mA de intensidad y 40 kV de tensión. Además, se empleó la microscopía electrónica de barrido, usando un sistema JEOL JSM-5410 a 20 kV, equipado con un detector de electrones retrodispersados Tetra Link de Oxford y con un espectrómetro de rayos X dispersados.

Para el análisis químico de los elementos mayoritarios, se aplicó la técnica de fluorescencia de rayos X, utilizando para ello un espectrómetro marca Bruker S4 Pioneer, provisto con tubo de rodio y detectores de flujo y centelleo.

Para la determinación cuantitativa de los elementos traza se sometieron las muestras a un ataque ácido hasta su disolución total. Tras esta se aplicó la espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS), utilizando un equipo HP4500®.

Las concentraciones de los radionúclidos por espectrometría gamma fueron medidas con detectores de germanio de alta

resolución y bajo fondo. La preparación de las muestras para estas medidas es, en este caso, su secado hasta peso constante y su molido para homogeneizar el tamaño de grano.

Por otra parte, las concentraciones de isótopos de <sup>238</sup>U y <sup>232</sup>Th se determinaron mediante espectrometría alfa, utilizando detectores semiconductores de Si de implantación iónica. Para estas medidas se usó un método radioquímico, el cual permite el aislamiento secuencial y posterior electrodeposición de los isótopos de uranio y de torio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización radiactiva

En la tabla 2 se muestran las concentraciones de actividad, en Bq/kg, de las materias primas usadas así como del residuo y los co-productos generados en el proceso de obtención del dióxido de titanio.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que la ilmenita posee contenidos relativamente altos de radionúclidos correspondientes a la serie del torio y del uranio, en relación a suelos típicos no perturbados, que contienen entre 30 y 40 Bq/kg de ambas series radiactivas naturales [11]. Sin embargo esos valores son inferiores al valor de 1 Bq/g que se ha considerado por el OIEA como valor de exención para el caso de los materiales naturales [12]. Además se observa una mayor concentración de actividad en los elementos de la serie del torio que los correspondientes a la serie del uranio, en aproximadamente un factor 4.

En cuanto al slag, obtenido mediante fusión de la ilmenita para incrementar su porcentaje en titanio, los valores son inferiores a los obtenidos para la ilmenita y a los que presenta un suelo típico. Por este motivo el uso de esta materia prima en el proceso de producción, sustituyendo en una proporción determinada a la ilmenita, presenta un aspecto positivo desde el punto de vista de la protección radiológica.

En relación a la caparrosa, los resultados obtenidos indican que este co-producto tiene un contenido relativamente bajo de

Muestra	H.R.	<sup>238</sup> U	<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	<sup>228</sup> Ra	<sup>40</sup> K
Ilmenita	3.0	95 ± 10	110 ± 10	420 ± 15	440 ± 30	30 ± 5
Slag	3.2	5.9 ± 0.6	6.1 ± 0.3	14 ± 1	9.0 ± 0.4	N.D.
Caparrosa	40	1.5 ± 0.2	N.D.	13 ± 2	4 ± 1	N.D.
Monohidrato	4.2	70 ± 3	5 ± 1	500 ± 25	60 ± 8	N.D.
Yeso Rojo	46	15 ± 1	15 ± 3	140 ± 5	70 ± 10	30 ± 5
Pulpa TiO <sub>2</sub>	27	0.8 ± 0.2	5 ± 1	2.5 ± 0.1	15 ± 2	N.D.

Tabla 2. Concentraciones medias de actividad, Bq/kg, de diversos radionúclidos naturales en la materia prima, co-productos, residuo y producto final en el proceso de producción de dióxido de titanio. La incertidumbre asociada a los valores medios viene dada por la desviación estándar de la media. (H.R. Humedad relativa. N.D., no detectado).



elementos radiactivos, con concentraciones para casi la totalidad de los radioisótopos inferiores a 0.01 Bq/g. Se puede concluir por ese motivo que las implicaciones radiológicas asociadas a su manipulación, comercialización y utilización son muy bajas.

En el monohidrato observamos que, aunque la concentración de los isótopos de Ra ( $^{226}\text{Ra}$  y  $^{228}\text{Ra}$ ) es baja, sí posee una proporción relativamente elevada de los radioisótopos de torio y considerable de los de uranio.

En el yeso rojo el contenido radiológico es moderado, acumulándose solo una pequeña fracción de los radioisótopos de Th y U del contenido radiactivo inicial presente en la materia prima tratada.

Por último señalar que la concentración de radionúclidos en la pulpa de dióxido de titanio es muy baja.

### Composición físico-química

La ilmenita presenta la siguiente composición:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (44%) y  $\text{TiO}_2$  (~50%), con pequeños porcentajes de  $\text{SiO}_2$  (0.7%), MnO (1.3%) y MgO (0.33%), [13]. Por el contrario, el slag está enriquecido en titanio en relación a la ilmenita (75 %  $\text{TiO}_2$ ), como se esperaba, y con menos concentración en hierro (~11%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) [9]. Por otra parte, la caparrosa ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) y el monohidrato ( $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) presentan altas concentraciones en hierro (39 y 31 %) y azufre (22 y 25%), como se corroboró por DRX. Además, debido a su proceso de formación, la caparrosa (obtenida por cristalización) presenta

una menor concentración que el monohidrato (obtenido por concentración y precipitación) de otros metales traza.

La composición mayoritaria de los yesos rojos es la siguiente:  $\text{SO}_3$  (27%), CaO (33%) y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (12%), confiriéndole este último su característico color rojo [14-15]. Además, hay que destacar la elevada concentración de titanio en este residuo (~7%  $\text{TiO}_2$ ). El difractograma obtenido para el yeso rojo indica, como ya se esperaba, que la fase cristalina mayoritaria es  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , siendo este difractograma muy similar al encontrado en la literatura para el yeso natural y el fosfoyeso [16]. Por otra parte, la granulometría obtenida para los yesos rojos muestra una distribución que presenta su máximo en torno a los 40  $\mu\text{m}$ . Este valor es ligeramente superior al encontrado en el cemento comercial (alrededor de 30  $\mu\text{m}$ ) y el clinker (alrededor de 20  $\mu\text{m}$ ). Por tanto, los yesos rojos presentan una granulometría óptima para usarse como aditivo en la fabricación de cementos.

En la tabla 3, se presenta la concentración de algunos elementos traza en las materias primas, co-productos y residuo determinados por ICP-MS. En el caso de la ilmenita, la concentración de torio y uranio (1 ppm de U equivale aproximadamente a 12 Bq/kg de  $^{238}\text{U}$ , mientras que 1 ppm de Th equivale a 4 Bq/kg de  $^{232}\text{Th}$ ) corrobora lo obtenido por espectrometría alfa (ver tabla 2).

En el slag se observa un enriquecimiento del vanadio y del cromo, mientras que la concentración de uranio y torio es baja (similar a un suelo sin perturbar).

	Ilmenita	Slag	Caparrosa	Monohidrato	Yesos	*suelo
V	940 ± 101	3131 ± 60	25 ± 7	1105 ± 170	277 ± 20	97
Cr	344 ± 130	1126 ± 210	10 ± 3	467 ± 55	133 ± 8	92
Zr	251 ± 40	324 ± 60	1.8 ± 0.6	62 ± 6	33 ± 5	193
As	22 ± 5	0.41 ± 0.23	0.25 ± 0.06	1.32 ± 0.17	12.0 ± 1.0	5
Th	97 ± 20	4.2 ± 1.2	3.1 ± 1.1	92 ± 11	30.1 ± 1.9	3
U	6.5 ± 1.5	0.77 ± 0.21	0.11 ± 0.03	5.0 ± 0.4	1.7 ± 0.3	3

\*Concentración media de la corteza terrestre [25]. La incertidumbre asociada a cada valor medio viene dada por la desviación estándar de la media.  
Tabla 3. Composición (mg/kg) de elementos traza de la materia prima y de los co-productos.

	a/c	Flexión		Compresión		Tiempo	
		2 días	28 días	2 días	28 días	Ti	Tf
<b>CEM</b>	0.27	6.8 ± 0.3	10.1 ± 1.2	34.4 ± 0.4	61.3 ± 1.0	139	224
<b>YA</b>	0.29	4.2 ± 0.15	9.8 ± 0.6	17.8 ± 0.3	51.7 ± 0.6	82	129
<b>YB</b>	0.27	5.4 ± 0.25	8.2 ± 2.7	23.1 ± 0.3	57.9 ± 1.0	108	298
<b>YC</b>	0.29	7.6 ± 0.8	10.8 ± 0.8	31.5 ± 0.8	59.6 ± 1.5	216	351

Tabla 4. Relación agua cemento a/c. Valores de resistencia a presión y flexión (MPa). Inicio (Ti) y final (Tf) del fraguado (min).

	YC	CEM	U.S. EPA
V	24	89	-
Cr	82	89	5000
As	1.9	1.1	5000
Se	13	16	1000
Cd	<1	<1	1000
Ba	235	317	100000
Pb	24	8.8	5000
Ti	3.2	<1	-
Fe	<1	<1	-

Tabla 5. Resultados de lixiviación ( $\mu\text{g/l}$ ) obtenidos por el test TCLP para las muestras de Clinker+10 % YR (YC) y CEM. Valores límites dados en la norma U.S. EPA.

	YR	Clinker	YA	YB	YC
I	0.74	0.27	0.28	0.29	0.32

Tabla 6. Medida de los valores de "I" para las diferentes mezclas ensayadas.

Para la caparrosa, las concentraciones de elementos traza son inferiores a la de suelos. El monohidrato alcanza concentraciones elevadas de torio, uranio y sobre todo vanadio.

Por último, los yesos rojos presentan concentraciones moderadas de arsénico y cromo, superiores en un factor 2 a un suelo típico. Hay que destacar la acumulación de torio en este material, con una concentración superior a un suelo típico en un factor 10.

### Ensayos realizados para las mezclas formadas con yeso rojo

El primer paso, después de llevar a cabo las tres mezclas de clinker y yeso rojo en diferentes porcentajes (tabla 1), fue determinar la relación agua/cemento ( $a/c$ ) necesaria para obtener una "consistencia normal" en la pasta de cemento formada, tal y como está definida y regulada en la norma UNE-EN 196-3 [17]. Para ello se utilizó el aparato de Vicat. Todos las relaciones  $a/c$  obtenidas con las mezclas con yeso rojo, y presentadas en la tabla 4, fueron similares a las obtenidas para un cemento comercial (CEM).

En cuanto a los ensayos mecánicos, se calcularon para los cementos formados con diferentes proporciones de yeso rojo, los valores de resistencia a flexión y compresión tras periodos de 2 y 28 días en probetas de mortero (mezcla de cemento y arena en proporción (1:3)) de 40 x 40 x 160 mm según la norma UNE-EN 196-1 [18]. Como se puede ver en la tabla 4, el comportamiento mecánico de los cementos con YR mejora al incrementar el porcentaje de YR adicionado. De hecho, en la muestra YC (10 % de

YR) los valores de resistencia son similares a los obtenidos en la muestra de cemento comercial. De este modo se comprueba que es posible usar el YR en un alto porcentaje como sustituto del yeso natural en la formación de cementos, llevando asociada una reducción de clinker, con el ahorro que ello supone. En este sentido, es necesario recordar que el cemento comercial tomado como referencia en nuestro estudio es de aproximadamente 97 % de clinker y 3% de yeso natural. Además, es importante señalar que en la caracterización mineralógica de YA, YB e YC realizada 28 días después, se obtuvieron resultados similares al cemento comercial utilizado como referencia CEM.

En lo referente a los tiempos de fraguado, los resultados correspondientes a las mezclas realizadas con YR (tabla 4), fueron totalmente comparables a los obtenidos para CEM, quedando dentro de los valores exigidos por la normativa Española dados en el pliego de recepción de cementos RC-08 [19]. Hay que destacar que tanto el inicio ( $T_i$ ) como el final del fraguado ( $T_f$ ), se prolongan al ir aumentando la cantidad de yeso rojo adicionado. Este hecho corrobora el papel retardante del mismo.

Por último, para comprobar la movilidad desde el punto de vista químico de los diferentes elementos trazas, así como las impurezas mayoritarias de hierro y titanio en las muestras de cementos ensayadas y del cemento tomado como referencia, se ha aplicado a alícuotas de esos cementos el test de lixiviación (*Toxicity characteristic leaching procedure* o TCLP). Este tipo de ensayos es importante en la evaluación del posible impacto medioambiental generado por los metales potencialmente peligrosos contenidos inicialmente en los cementos formados. En la tabla 5 se muestran los resultados obtenidos tras la aplicación del TCLP, comparándolos con los valores máximos permitidos dados por la norma U.S. EPA.

Los datos mostrados en la tabla 5 nos indican que en el test realizado sobre la muestra YC, con mayor proporción de yeso rojo (90 % clinker + 10 % YR), no se observa un incremento en ninguno de los metales analizados, comparándolo con el lixiviado del cemento tomado como referencia CEM. Por otra parte, los valores obtenidos están muy por debajo de los límites dados por USEPA.

La Directiva 2003/53/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de junio del 2003 [20], limita la comercialización, uso y puesta en el mercado de cementos y derivados del mismo que contengan, una vez hidratados, más de 2 mg/kg de cromo hexavalente soluble en agua, determinado como porcentaje en masa de cemento seco. Atendiendo a los resultados obtenidos en la tabla 5 para el test de lixiviación y teniendo en cuenta los factores de conversión a aplicar para expresar los resultados como



porcentaje en masa de cemento seco, se llega a la conclusión de que el cemento YC tiene un contenido en cromo total soluble en agua de 1.6 mg/kg. Suponiendo la situación más desfavorable, que todo el cromo lixiviado fuera cromo VI, los valores obtenidos estarían por debajo del límite marcado por la normativa, 2 mg/kg.

Por último se realizó un estudio radiológico de los nuevos materiales obtenidos. Para ello se procedió, en primer lugar, al análisis del contenido radiactivo de las muestras de clinker y yeso rojo, además del cálculo del índice de actividad de concentración de materiales de construcción "I", definido en la ecuación (1) y tal y como aparecen en un documento de la Unión Europea [21]. En este caso, para no superar la dosis de 1 mSv/a, para materiales usados en grandes cantidades (cemento, hormigón, etc...), el valor I debe ser  $\leq 1$ .

$$I = \frac{C_{226Ra}}{300 \text{ Bq/kg}} + \frac{C_{232Th}}{200 \text{ Bq/kg}} + \frac{C_{40K}}{3000 \text{ Bq/kg}}$$

Donde  $C_{226Ra}$ ,  $C_{228Ra}$ ,  $C_{40K}$  son las concentraciones de las actividades del  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  y  $^{40}\text{K}$  respectivamente, expresadas en Bq/Kg.

En la tabla 6 se muestran los valores obtenidos para el índice "I" en las diferentes mezclas ensayadas, así como en el YR y el clinker.

Podemos ver que el índice "I" presenta valores inferiores a los señalados, al no ser sobrepasado el valor de 1 para todas las mezclas estudiadas.

Por ello se considera competitivo, desde un punto de vista radiológico, al yeso rojo en su uso en la industria cementera frente a otros residuos producidos por otras industrias NORM y usados actualmente. Por ejemplo, el fosfoyeso generado en la producción de ácido fosfórico presenta un valor  $I = 3 - 3.5$  [22-23] o frente a las cenizas volantes procedentes de las centrales térmicas, que presentan valores del índice "I", entre 0.22 y 5.2 [24].

## CONCLUSIONES

La caracterización fisicoquímica y radiológica, tanto de las materias primas utilizadas en la industria del dióxido de titanio como de los sub-productos generados, ha permitido evaluar el grado de fraccionamiento de los diferentes elementos y compuestos entre los distintos co-productos y el residuo estudiado.

Los resultados indican que la principal materia prima en el proceso industrial (ilmenita), contiene concentraciones signifi-

cativas de torio y uranio, mientras que la otra materia prima (slag) presenta concentraciones de torio y uranio por debajo de suelos típicos, siendo muy estable en cuanto a su composición química y mineralógica.

En lo que a los co-productos se refiere, la caparrosa y el monohidrato, presentan diferentes concentraciones de elementos traza. Este hecho está asociado al proceso de formación de los mismos. La caparrosa (obtenida por cristalización) está prácticamente libre de elementos traza mientras que el sulfato ferroso monohidratado, obtenido por concentración y precipitación, presenta niveles de metales importantes. En cuanto al contenido radiactivo en los co-productos hay también diferencias importantes, pues mientras que el monohidrato presenta una proporción elevada de isótopos de Th, y una fracción considerable de los isótopos de U, la caparrosa se encuentra prácticamente libre de elementos radiactivos.

El yeso rojo presenta un contenido radiactivo moderado, presentando una fracción minoritaria del contenido radiactivo inicial de Th y U. Además, presenta cantidades moderadas de elementos traza. Estos hechos, junto con las características de su granulometría, han permitido realizar una serie de ensayos para la utilización de este residuo en la fabricación de cementos.

A partir de los resultados obtenidos en los ensayos, podemos asegurar que el yeso rojo puede ser agregado al clinker para la fabricación de cementos, actuando en ellos de forma similar al yeso natural, regulando los tiempos de fraguado, aumentando la resistencia mecánica y disminuyendo la retracción por secado. Además, los elementos contaminantes contenidos en el yeso rojo (Fe, Ti y Cr, entre otros) son fijados físicamente en la matriz fraguada, por lo que no presentan un riesgo por lixiviación hacia el medio ambiente.

Se ha probado por tanto que, desde el punto de vista de la protección radiológica, los yesos rojos se pueden utilizar prácticamente sin restricción en su proporción y en su cantidad para la elaboración de materiales de construcción.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a la industria Hutsman Tioxide S.L. la ayuda y colaboración prestada para la realización de este trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. Kacimi, A. Simon-Masseron, A. Ghomari, Z. Derriche. "Reduction of clinkerization temperature by using phosphogypsum", Journal of Hazardous Material B137 129-137. (2006).

- [2] Y. Liu, C. Lin, Y. Wu. "Characterization of red mud derived of from a combined Bayer process and bauxite calcination method", *Journal of Hazardous Materials* 146 255-261. (2007).
- [3] E. Deydier, R. Guilet, S. Sarda, P. Sharrock. "Physical and chemical characterization of crude meat and bone meal combustion residue: waste or raw material?". *Journal of Hazardous Materials* B121 141-148. (2005).
- [4] G. Chen, H. Lee, K.L.Young, P.L.Yue, A. Wong, T. Tao, And K.K.Choi. "Glass recycling in cement production: and innovative approach". *Waste Manage.* 22 747-753. (2002).
- [5] P. E. Tsakiridis, S. Agatzini-Leonardou And P.Oustadakis. "Red mud addition in the raw meal for the production of portland cement clinker". *J. Hazard. Mater.* 116 103-110. (2004).
- [6] P-H. Shih, J-E. Chang, H. Chlu And L-Ch. Chiang. "Reuse of heavy metal-containing sludges in cement production". *Cem. Concr. Res.* 35 2110-2115. (2005).
- [7] I. Alp, H. Deveci, E.Y. Yazici, T. Türk, Y.H. Süngün. "Potential use of pyrite cinders as raw material in cement production: Results of industrial scale trial operations". *J. Hazard. Mater.* 166 144-149. (2009).
- [8] Sahoo, P.K., Galgali, R.K., Singh, S.K., Bhattacharyee, S., Mishra, P.K., Mahanty, B.C.. "Preparation of titania-Rich Slag by plasma smelting of ilmenite". *Scand. J. Metal.* 28, 243- 248. (1999).
- [9] P.C. Pistorius, C. Coetzee. "Physicochemical aspects of titanium slag production and solidification". *Metallurgical and Materials Transactions B* 34B 581-588. (2003).
- [10] J.H. Potgieter, S.S. Potgieter, R.I. Mccrindle. "A comparison of the performance of various synthetic gypsums in plant trials during the manufacturing of OPC clinker". *Cem. Concr. Res.* 34 2245-2250. (2004).
- [11] UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION (UNSCEAR). Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, United Nations, New York. (2000).
- [12] Organismo Internacional de Energía Atómica. Aplicación de los Conceptos de exclusión, exención y dispensa. Guía de Seguridad RS-G-1.7. (2007).
- [13] T. Chernet "Applied mineralogical studies on Australian sand ilmenite concentrate with special reference to its behavior in the sulphate process". *Minerals Engineering*, Vol 12. No 5, 485-495. (1999).
- [14] I. Fauziah, S. Zaayah, T. Jamal. "Characterization and land application of red gypsum: a waste product from the titanium dioxide industry". *The Science of the Total Environment* 188 243-251. (1996).
- [15] M.J. Gázquez, J.P Bolívar, R. Garcia-Tenorio, F.Vaca "Physicochemical characterization of raw materials and co-products from the titanium dioxide industry". *J. Hazard. Mater.* 166 pp. 1429-1440. (2009).
- [16] Chea Chandara, Khairun Azizi, Mohd Azizi, Zainal Arifin Ahmad, ETsuo Sakai. "Use of waste gypsum to replace natural gypsum as set retarders in portland cement". *Waste Manage.* 29 1675-1679. (2009).
- [17] UNE-EN 196-3. Métodos de ensayos de cementos en el apartado "Ensayo de Consistencia Normal". Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid. (1987).
- [18] UNE-EN 196-1. Métodos de ensayos de cementos. Parte 1: "Determinación de resistencias mecánicas". Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), Madrid. (1987).
- [19] "Instrucción para la recepción de cementos" (RC-08), Real Decreto 956/2008, BOE no148, (19-06-08).
- [20] Directiva 2003/53/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 18 de junio de 2003, respecto a la limitación de la comercialización y el uso de determinadas sustancias y preparados peligrosos (nonilfenol, etoxilatos de nonilfenol y cemento). L 178, 17/7/2003, página 24.
- [21] EC, Office European Comission Report on Radiological Protection Principles concerning the natural radioactivity of building materials, Radiation Protection 112, for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. (1999).
- [22] Aguado J.L., J.P. Bolívar, E.G. San Miguel, R. García-Tenorio. "Ra and U isotopes determination in phosphogypsum leachates by alpha-particle spectrometry". *Radioactivity in the environment. Volume 7* ISSN 1569-4860. DOI 10.1016/S1569-4860(04)07018-4. (2005)
- [23] Mas J.L., J.P. Bolívar, J.P.P érez-Moreno, J.E.Martín, E.G.SanMiguel, R.García-Tenorio. "External radiation assessment in a wet phosphoric acid production plant". *Applied Radiation and Isotopes* 67 pp. 1930-1938. (2009).
- [24] Kovler K, Haquin G, Manasherov V, Ne'eman E, Lavi N. "Limitation of radionuclides concentration in building materials available in Israel". *Building Environmental*; 37, 531-537. (2002).
- [25] R. Gao. "Composition of the Continental Crust", *Treatise of Geochemistry*, vol. 3, Elsevier, the Crust, pp. 1-64. (2003).

## Convenio firmado en materia de Protección Radiológica entre el CSN y el Ministerio de Sanidad

El Consejo de Seguridad Nuclear y el Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad firmaron el día 2 de noviembre de 2010 en la sede del ministerio, un convenio de colaboración en materia de Protección Radiológica que formaliza las actividades conjuntas que ambos organismos venían realizando desde hace tiempo.

El objeto de la colaboración será la coordinación en el desempeño de sus respectivas funciones y competencias sobre Protección Radiológica en las áreas de prevención de las exposiciones; calidad en los procedimientos con uso de radiaciones; emergencias; investigación, desarrollo e innovación, y de forma particular en las siguientes materias:

- Participación en desarrollos de normativa internacional sobre Protección Radiológica e incorporación a la reglamentación nacional de normativa internacional o comunitaria.
- Participación en foros y grupos de trabajo nacionales e internacionales sobre Protección Radiológica.
- Armonización de aplicación de los requisitos de Protección Radiológica en las comunidades autónomas.
- Epidemiología de los efectos sobre la salud debidos a la exposición a radiaciones ionizantes de los trabajadores y la población.
- Elaboración, gestión y mantenimiento de censos de instalaciones que utilizan radiaciones ionizantes con fines médicos.
- Criterios para la implantación y dotación de servicios de Radiofísica y Protección Radiológica.
- Fomento de la aplicación de nuevas técnicas de análisis de riesgos en las instalaciones radiactivas médicas.
- Intercambio de información y desarrollo de mecanismos de notificación sobre incidentes, accidentes o averías con posible impacto en la Protección Radiológica de los pacientes. Desarrollo de bases de datos de incidentes. Obtención y difusión de lecciones aprendidas.
- Fomento de las políticas de establecimiento e implantación de registros dosimétricos individuales de pacientes y desarrollo de sistemas de información dosimétrica.
- Formación en materia de Protección Radiológica de profesionales sanitarios que realizan procedimientos con utilización de radiaciones ionizantes.
- Desarrollo y distribución de materiales formativos e informativos para profesionales involucrados en procedimientos médicos con radiaciones, profesionales prescriptores de dichos procedimientos, pacientes o población en general, y realización de campañas de información o divulgación sobre aspectos de Protección Radiológica.
- Disponibilidad de laboratorios para atender la demanda nacional de calibración de la instrumentación utilizada en Protección Radiológica. Desarrollo de procedimientos estándar



La ministra de Sanidad, Leire Pajín y la presidenta del CSN, Carmen Martínez Ten, junto a representantes de ambos organismos.

y programas para verificación y calibración de instrumentos, equipos y fuentes.

- Organización de campañas de intercomparación para contrastar la calidad de las diversas determinaciones que se realizan en relación con la utilización de radiaciones ionizantes en medicina.
- Criterios para la implantación del sistema de control radiológico del agua potable, de los productos de consumo y de la protección frente a la exposición debida a la radiación natural.
- Promoción e impulso de proyectos de investigación en radiobiología, dosimetría, Protección Radiológica operacional, Protección Radiológica ambiental, Protección Radiológica de los pacientes, radiación natural y otras materias afines.
- Dotación y uso compartido de los medios, recursos e información necesarios para gestionar situaciones de emergencias nucleares o radiológicas de cualquier tipo y origen, así como para la actuación en situaciones de crisis que impliquen la exposición de ciudadanos españoles a radiaciones ionizantes. Formación de actuantes en materia de respuesta ante emergencias nucleares o radiológicas.

La colaboración entre ambas instituciones en materia de Protección Radiológica se pondrá en práctica mediante el desarrollo de actividades que, en todo caso, se desarrollarán con estricto respeto de las funciones y competencias que correspondan a otras instituciones públicas

El convenio firmado, se desarrollará mediante convenios específicos que el Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad y el Consejo de Seguridad Nuclear consideren necesarios para el mejor desempeño de las funciones que legalmente tienen atribuidas.

Carmen Álvarez, CSN

## Ampliación del Servicio de Dosimetría Interna de Tecnatom

En este año 2010, la Unidad Móvil I del Servicio de Dosimetría Personal Interna (SDPI), equipada con un Contador



de Radiactividad Corporal (CRC) tipo Quicky III, ha sido sustituida por una más moderna dotada con nuevos elementos, sustituyendo a la que venía prestando servicio ininterrumpidamente a las centrales nucleares españolas en periodos de recarga, así como al CSN en simulacros y situaciones de emergencia, desde la autorización del Servicio de Dosimetría Personal Interna, en octubre de 1988.



Durante el proceso de especificación y construcción de la nueva unidad se ha asegurado que las condiciones del vehículo cumplan con los requisitos necesarios desde el punto de vista técnico, de seguridad y de comodidad; tanto para los miembros del SDPI que trabajan en ella como para las personas que vayan a ser sometidas a control dosimétrico, incorporando varios puestos de trabajo para personal del SDPI, así como un vestuario y un habitáculo para el almacenamiento de las botellas de gas que alimentan al CRC.

Adicionalmente, desde el pasado mes de diciembre de 2010, el Servicio de Dosimetría Interna de Tecnatom posee la autorización del Consejo de Seguridad Nuclear para la realización de medidas mediante técnicas de bioeliminación, con objeto de detectar trazas de actividad en excretas por incorporación de emisores alfa o beta. Para ello, Tecnatom ha firmado un acuerdo de colaboración con el Laboratorio de Bioanálisis de Geocisa, capacitado para la realización de las medidas mediante varias técnicas como son la espectrometría alfa, espectrometría de masas (ICP-MS), así como la espectrometría de centelleo líquido para emisores beta.

Comité de Redacción

## El ejercicio internacional INEX-4 en España

La serie internacional de ejercicios INEX desarrollada por la Agencia de Energía Nuclear, dependiente de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) ha demostrado su utilidad para probar, investigar y mejorar los acuerdos necesarios para responder a los accidentes nucleares

- y emergencias radiológicas a nivel nacional e internacional, que cada organización involucrada en la respuesta a emergencias debe tener.

- Los anteriores ejercicios INEX se centraron en los aspectos nacionales e internacionales de la gestión de la primera fase de las emergencias nucleares.

- El *Committee on Radiation Protection and Public Health* (CRPPH) requirió al *Working Party on Nuclear Emergency* (WP-NEM) que el próximo ejercicio INEX (INEX-4) se centrara en los aspectos relacionados con la gestión de consecuencias y la fase de transición a la recuperación debido a actos malévolos en los que estén involucrados la emisión de materiales radiactivos en un entorno urbano ("detonación de un bomba sucia en una ciudad").

- El ejercicio comenzó después de la finalización de la fase inicial de crisis, y se minimizaron aquellos aspectos relacionados con la fase inicial de la crisis, así como los aspectos judiciales y criminales del escenario.

- Para la planificación del ejercicio, se creó un Comité Nacional de Planificación, coordinado por el CSN, en el que participaron la mayoría de los organismos tanto nacionales como autonómicos y locales que tienen un papel relevante en este tipo de emergencias.

- El WPNEM requirió a los países participantes, que el ejercicio INEX-4 fuera un ejercicio de mesa, el cual estuviera centrado en la toma de decisiones en esta fase de la emergencia. Sin embargo, el CSN consideró que sería muy interesante complementarlo con un ejercicio de campo. Dicho ejercicio estaría centrado en la coordinación de los diferentes grupos operativos que actuarían en caso de emergencia.

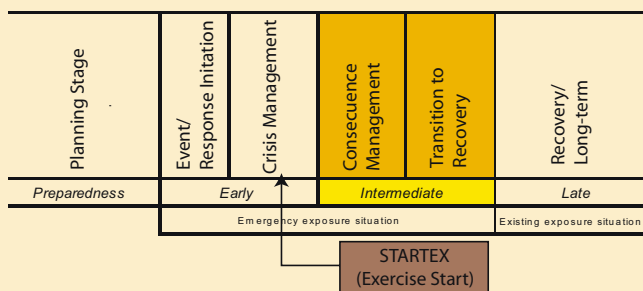
- Así pues, desde el primer momento se planificaron dos ejercicios complementarios (mesa y campo) basados en un mismo escenario general que fue desarrollado por el Grupo de Planificación INEX-4 dentro del WPNEM.

- En la planificación y realización de los ejercicios de campo y mesa han participado las siguientes organizaciones nacionales: Ministerio de Defensa (Unidad Militar de Emergencias y Escuela NBQ), Ministerio del Interior (Cuerpo Nacional de Policía, Guardia Civil, Secretaría de Estado de Seguridad y Dirección General de Protección Civil y Emergencias), Ministerio de Asuntos Exteriores y Cooperación, Ministerio de la Presidencia (Departamento de Infraestructuras para el Seguimiento de Situaciones de Crisis y Delegación del Gobierno en Madrid), Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad, Comunidad de Madrid (SUMMA-112, Bomberos, Servicio de Protección Civil y Servicio de Emergencias Sociales), Ayuntamiento de Madrid (Bomberos, SAMUR-PC, SAMUR Social y Policía Local), Empresa Nacional de Residuos Radiactivos y Consejo de Seguridad Nuclear (Organización de Respuesta a Emergencias y UTPR Proinsa).

- El ejercicio comienza unos pocos días después del suceso iniciador y es justo después de la finalización de la primera fase de la emergencia que está compuesta por la respuesta inicial y la gestión de la crisis. El esquema adjunto ayuda a clarificar el comienzo del ejercicio.

- La respuesta inmediata del ejercicio es la siguiente. Una explosión grande se oye en el centro de una ciudad durante la hora punta de mañana de un día laborable de verano. El





sistema de información de emergencia se colapsa rápidamente con llamadas que relatan heridas en el área y el daño significativo localizado. Los primeros actuantes (bomberos, la policía, y servicios médicos de la emergencia) aseguran el área y comienzan a tratar a los heridos. Informes iniciales indican que un vehículo ha sido detonado en un aparcamiento exterior. Un número de individuos están heridos dentro del área y muchos más han abandonado el área. Un muerto es encontrado en los restos del asiento del conductor del vehículo explosionado. El primer personal de intervención con dispositivos portátiles de radiación descubre la presencia de radiación y solicitan la intervención local del equipo de NRBQ. El personal de NRBQ interviene e identifica el isótopo como el Cesio 137. Basado en esta información y el alcance del incidente, los primeros actuantes locales solicitan la ayuda de expertos en radiación.

### El ejercicio de mesa

Debido a la naturaleza del suceso iniciador y de acuerdo con la Directriz Básica de Planificación ante el Riesgo Radiológico se declaró la emergencia como de interés nacional desde



- el primer momento (emergencia de nivel 3). El ejercicio se desarrolló el día 23 de noviembre y tuvo una duración aproximada de 7 horas en horario de mañana.

La dirección del ejercicio de mesa estuvo a cargo de un Comité de Dirección presidido por la directora general de Protección Civil y Emergencias que fue designada por el ministro del Interior para dirigir esta fase en especial. El comité estuvo formado por: la directora general de Protección Civil y Emergencias, el consejero de la CAM en materia de Protección Civil, el concejal del Ayuntamiento de Madrid en materia de Protección Civil, el general jefe de la UME, un representante de la DISSC y la delegada del Gobierno de Madrid. Para la comunicación a los distintos medios, el Comité de Dirección contó con un Gabinete de Prensa.

Los distintos comités de la fase de emergencias se reagruparon en un "Comité de Gestión". Este comité estuvo coordinado por el subdelegado del Gobierno y formado por representantes de organizaciones de ámbito municipal, autonómico y estatal con competencias y responsabilidades en las actuaciones que se desarrollaron (seguridad pública; Protección Radiológica; evaluación y control de la edificación, infraestructuras y servicios; salud pública; sanidad; evaluación económica; asistencia social; y coordinación internacional).

Dado que la respuesta a este tipo de incidentes puede ser muy amplia, al objeto de diseñar un ejercicio manejable desde el punto de vista de la planificación y la gestión, el alcance se centró en las siguientes cinco áreas temáticas:

- **Toma de decisiones**, sobre las distintas estrategias de protección, en las cuales se ha de tener en cuenta los siguientes aspectos: optimización (factores técnicos, económicos y sociales); ejecución y terminación de las contramedidas; comunicación y coordinación entre los países y organizaciones internacionales, incluyendo los mecanismos de comunicación (capacidad, voluntad y capacidad práctica de intercambio de información); comprensión de la situación de emergencia; recomendaciones para las acciones de protección; y la comunicación de las recomendaciones para las acciones de protección.
  - **Salud pública**, en la que se incluyeron los aspectos relativos a la información y comunicación.
  - **Evaluación y vigilancia radiológica**
  - **Seguridad y protección de las poblaciones y la infraestructura**, en la que se incluyeron el control de la población (mando de la policía y control) y la gestión de la población.
  - **Planificación para la recuperación**, incluyendo la participación de las partes interesadas y la limpieza y gestión de residuos radiactivos generados.
- Estos cinco temas, que serán posteriormente evaluados desde una perspectiva nacional e internacional, constituyen la base de las áreas tratadas en el ejercicio y del cuestionario de evaluación post-ejercicio, que en estos momentos se encuentra en su fase de realización.
- La comunicación entre el comité de dirección situado en la Dirección General de Protección Civil y el Comité de Gestión situado en la Delegación del Gobierno en Madrid y el Consejo de Seguridad Nuclear se realizó a través de videoconferencia ininterrumpida y simultánea entre las tres sedes.

En total participaron en el ejercicio 70 personas pertenecientes a las distintas organizaciones nacionales, autonómicas y municipales.

**Ejercicio de campo**

En el ejercicio de campo se trató de comprobar la coordinación entre los distintos grupos operativos que actuarían en este tipo de emergencias. De acuerdo con la Directriz Básica de Planificación ante el Riesgo Radiológico, la dirección y coordinación operativa de las actuaciones en la zona siniestrada, en caso de emergencias declaradas de interés nacional, correspondió al Teniente General Jefe de la Unidad Militar de Emergencias.



La ministra de Defensa, Carme Chacón y la presidenta del CSN, Carmen Martínez Ten, junto a otras autoridades.

Los grupos operativos destacados fueron: seguridad ciudadana y orden público, sanitario, radiológico, asistencia social e intervención operativa.

El ejercicio tuvo lugar el día 2 de diciembre, y duró 4 horas aproximadamente en horario de mañana; y se desarrolló a lo largo de los 200.000 m<sup>2</sup> que posee la Escuela Nacional de Protección Civil en su campo de prácticas con cuatro plataformas: tres de fuego, balsas para prácticas de salvamento, y los campos de estructuras colapsadas y de deslizamientos.

Durante el ejercicio se simularon una serie de incidencias que tenían que ser resueltas por los participantes del ejercicio. Las incidencias simuladas fueron las siguientes: estructura inestable en una zona contaminada con posterior accidente de una persona que estaba valorando la estructura, accidente en una ambulancia de apoyo al traslado del herido; localización de un punto caliente desde el punto de vista radiológico; derrumbe en una zona templada con resultado de tres heridos leves; traslado de cuatro indigentes que se encontraban dentro de la zona contaminada; retirada de escombros para su posterior gestión como residuo radiactivo; avistamiento de un periodista dentro de la zona contaminada sin autorización para estar en la zona; valoración de la potabilidad del agua desde el punto de vista radiológico

Se contó con la presencia de autoridades para observar el ejercicio entre las cabe citar a la ministra de Defensa, Carme Chacón y la presidenta del CSN, Carmen Martínez



Ten; el director general de Protección Civil y Emergencias del Ayuntamiento de Madrid, Gregorio del Álamo; y el director del Gabinete de Coordinación de la Secretaría de Estado de Seguridad, Fernando Santafé.

El ejercicio resultó muy útil para verificar el grado de alta coordinación entre todas las instituciones involucradas en este tipo de emergencias.

Juan Pedro García Cadierno, CSN

**25 Aniversario de la fábrica de elementos combustibles de Enusa en Juzbado**

El pasado mes de noviembre Enusa Industrias Avanzadas, S.A., celebró con diferentes actos conmemorativos el 25 aniversario de la puesta en marcha de la fábrica de elementos combustibles que la empresa tiene en la localidad salmantina de Juzbado.

El primero de ellos, fue la inauguración de una exposición retrospectiva en la Cámara Oficial de Comercio e Industria de Salamanca, titulada "1985-2010: Iluminando retos, compartiendo experiencia", a cargo del presidente de Enusa, José Luis González, y el director de Fabricación, Javier Montes. Ambos estuvieron acompañados del alcalde de Salamanca, Julián Lanzarote, y el presidente de la Cámara, Juan Antonio Martín Mesoneros. Al acto asistieron autoridades locales, medios de comunicación, proveedores y representantes de la vida económica, política, cultural y empresarial de Salamanca y su provincia, así como miembros de Enusa. Este evento sirvió para abrir oficialmente al público la muestra retrospectiva de la fábrica de elementos combustibles de Juzbado, que comenzó su actividad en 1985 y que desde entonces se ocupa del diseño, fabricación y suministro de combustible nuclear para las centrales nucleares nacionales y europeas.

La exposición, reflejo de los 25 años de la vida de la fábrica, estaba dividida en cinco partes diferenciadas mediante las cuales se daba a conocer su historia, su evolución, su aportación económica a la sociedad, su actividad y su producto. La exhibición también dio cabida a una muestra fotográfica medioambiental de la instalación realizada por dos trabajadores de Enusa, con la que se pone de manifiesto el repecto y la preocupación por cuidar el entorno natural, donde conviven



*José Luis González y Javier Montes junto al alcalde de Salamanca y el presidente de la Cámara de Comercio de Salamanca durante la inauguración de la Exposición.*

numerosas especies en perfecta armonía con la arquitectura del edificio.

A la exposición, que permaneció abierta al público durante dos semanas, se sumaron actividades adicionales. Por un lado, pases documentales diarios sobre la energía nuclear que pretendían concienciar a la sociedad salmantina de la importancia de esta energía en el buscado mix energético y ayudar a minimizar los prejuicios mediante el conocimiento. Y por otro lado, dos charlas divulgativas. La primera de ellas corrió a cargo de Guillermo Sánchez, profesor de la Universidad de Salamanca y trabajador de Enusa, quien habló sobre "Radiaciones en la Tierra y en el Cosmos", y la segunda "Influencia de la actividad nuclear en la población. Una visión desde la economía y la salud", contó con dos destacadas personalidades, el economista Juan Iranzo, director general del Instituto de Estudios Económicos, y Rafael Herranz, jefe del Servicio de Oncología Radioterápica del Hospital General Universitario Gregorio Marañón de Madrid.

Con esta exposición la empresa quiso compartir con todos los salmantinos su pasado, su presente y su futuro, porque Enusa quiere seguir formando parte no sólo del sector en el que opera, sino también de la vida cultural, social y empresarial de la provincia que la ha acogido durante este cuarto de siglo: Salamanca.

Otro de los eventos dentro de esta celebración fue un acto institucional y del sector que tuvo lugar en la fábrica de Juzbado el jueves 25 de noviembre. El subdelegado del Gobierno, Jesús Málaga, el alcalde de Juzbado, Fernando Rubio, el

- presidente de la SEPI, Enrique Martínez Robles, el director general del Ciemat, Cayetano López Martínez, el consejero del Consejo de Seguridad Nuclear, Antonio Colino, y la viceconsejera de Economía de la Junta de Castilla y León, Begoña Hernández, son algunas de las personalidades más representativas que acompañaron al presidente de Enusa y al director de Fabricación.

Autoridades, representantes del sector nuclear y trabajadores de la empresa compartieron una jornada en la que todos coincidieron en destacar la influencia decisiva de Enusa en la economía de Salamanca así como su competitividad dentro del sector nuclear. Las autoridades presentes en el acto manifestaron la importancia estratégica y de desarrollo del sector energético en el ámbito nacional y el papel relevante que en un futuro debe jugar la energía nuclear. El presidente de la SEPI, Enrique Martínez Robles, fue el encargado de cerrar el acto y de entregar un reconocimiento tanto a Fernando Rubio, alcalde de Juzbado, como a Jesús Málaga, subdelegado del Gobierno. Enusa quiso distinguir, por un lado, al consistorio de Juzbado por la proximidad no sólo geográfica sino profesional y también personal durante este cuarto de siglo. Asimismo, Jesús Málaga recogió, en nombre de la Guardia Civil, el reconocimiento expreso a "su permanente apoyo" y a "su labor para salvaguardar la seguridad física de la instalación y del material nuclear durante los transportes", algo que destacaron tanto José L. González como Javier Montes durante sus intervenciones.



*Autoridades durante el acto institucional celebrado en Juzbado.*



*Reconocimiento a Fernando Rubio y a Jesús Málaga.*

A estos actos institucionales se sumó un evento deportivo entre los empleados de todos los centros, *Desafío 25 Aniversario*, donde participaron más de cien trabajadores de Enusa en distintas competiciones (pádel, frontón, baloncesto, fútbol sala y mus). La jornada se desarrolló en un ambiente deportivo muy animado, en el que los hijos de los trabajadores también tuvieron su espacio de diversión y risas con diferentes juegos y talleres de manualidades.

25 años de Enusa en Juzbado, un aniversario que la empresa quiso compartir con todos sus grupos de interés por ser los protagonistas que han hecho posible que el proyecto de 1985 sea hoy una realidad, una empresa consolidada que trabaja para seguir manteniendo su nivel de competitividad en el mercado en el que opera de cara al futuro.

*Comunicación Enusa*

### Aprobado el Estatuto del Consejo de Seguridad Nuclear

Mediante el Real Decreto 1440/2010, de 5 de noviembre, se aprobó el nuevo Estatuto del Consejo de Seguridad Nuclear, que sustituye íntegramente al anterior, publicado en el Real Decreto de 30 de abril de 1982, donde se concretaban la estructura, organización, funciones y régimen jurídico del organismo.

En el tiempo transcurrido desde la aprobación del Estatuto, se habían producido múltiples reformas en el marco normativo que afecta al Consejo de Seguridad Nuclear. Pero fue la aprobación de la Ley 33/2007, de 7 de noviembre, de reforma de la Ley 15/1980, de 22 de abril, de creación del Consejo de Seguridad Nuclear, la que supuso una mayor transformación en el régimen jurídico de este Organismo, desarrollando, entre otras novedades, los aspectos jurídicos que permiten fortalecer y garantizar la independencia efectiva del mismo, acogiendo la creciente sensibilidad social en relación con el medio ambiente, institucionalizando los mecanismos necesarios para promover y potenciar la transparencia, la participación de la sociedad y reforzar el derecho de los ciudadanos a acceder a la información relevante en lo que concierne a la seguridad nuclear y la Protección Radiológica.

El nuevo texto del Estatuto establece, en su título I, las «Funciones» del Organismo, con una voluntad unificadora, sistematizando las competencias del CSN en:

- La emisión de informes preceptivos, de supervisión, inspección, control, regulación técnica, y propuesta de sanción, respecto de la actuación de los titulares de instalaciones y actividades nucleares y radiactivas;
- La adopción de medidas de respuesta ante emergencias nucleares o radiológicas, coordinando todos los aspectos relacionados con la seguridad nuclear y la Protección Radiológica en estas situaciones;
- La dotación a la sociedad, y a las instituciones (Parlamentos y Gobiernos, nacional y autonómicos), de información periódica, y también puntual, en tiempo real, de los sucesos que puedan afectar al funcionamiento de las instalaciones nucleares y radiactivas o a la calidad radiológica del medio ambiente;
- El asesoramiento al Gobierno, a las demás administraciones públicas y a los tribunales, en materias de su competencia,

- La colaboración con otras Entidades públicas o privadas, nacionales e internacionales, para un mejor desarrollo de sus potestades de control y garantía del funcionamiento seguro de las citadas instalaciones nucleares y radiactivas y la protección de los trabajadores, del público, y del medio ambiente frente a los efectos de las radiaciones ionizantes.

En el título II se desarrolla la «Estructura organizativa del CSN», y se incorporan dos órganos de carácter asesor para el Organismo: el «Comité Asesor», que emitirá recomendaciones al CSN para favorecer y mejorar la transparencia, el acceso a la información y la participación pública en materias de la competencia del CSN; y las «Comisiones Asesoras Técnicas», ya existentes en el texto estatutario anterior, pero a las que ahora se dota de un sistema de funcionamiento, en la filosofía de que proporcionen apoyo y asesoramiento, mediante expertos técnicos especializados, en la toma de decisiones que incidan directamente en materias de seguridad nuclear y Protección Radiológica, a los órganos superiores y de dirección del CSN.

En cuanto al «régimen de personal», en el título III se ha procedido, como ya figuraba en el Estatuto vigente, a la regulación del Cuerpo Especial en el que se adscriben los funcionarios propios del CSN, el «Cuerpo de Seguridad Nuclear y Protección Radiológica».

Finalmente, en los títulos IV y V se regulan los aspectos referidos a la «contratación y asistencia jurídica», y al «régimen patrimonial, presupuestario, y de control de la gestión económico-financiera y contable» del CSN, trasladando las disposiciones generales que le afectan, procedentes de la legislación básica aplicable a la Administración General del Estado.

*Comité de Redacción*

### Modificación del Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes

El Consejo de Ministros aprobó mediante Real Decreto (RD 1439/2010, de 5 de noviembre) la modificación del Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes (RD 783/2001, de 6 de julio), concretamente el título VII, que hace referencia a las fuentes naturales de radiación.

En él se identifican de forma genérica las actividades laborales en que los trabajadores y, en su caso, los miembros del público, pueden estar expuestos a este tipo de radiación, tales como establecimientos termales, cuevas, minas, lugares de trabajo subterráneos o no subterráneos en áreas identificadas; actividades laborales que impliquen el almacenamiento o la manipulación de materiales, o que generen residuos que habitualmente no se consideran radiactivos, pero que contengan radionúclidos naturales; y actividades laborales que impliquen exposición a la radiación cósmica durante la operación de aeronaves.

Mediante este Real Decreto, se obliga directamente a los titulares de las actividades en las que existan fuentes naturales de radiación a realizar los estudios necesarios para determinar si existe un incremento significativo de la exposición de los trabajadores o de los miembros del público, que no pueda considerarse despreciable desde el punto de vista de la Protección Radiológica, sin necesidad de que estos estudios sean exigidos por las autoridades competentes.

Se define, asimismo, quién es la autoridad competente, que serán los órganos competentes en materia de industria de las Comunidades Autónomas, con las excepciones de las actividades laborales que impliquen exposición a la radiación cósmica durante la operación de aeronaves, en el que dicha autoridad competente será la Agencia Estatal de Seguridad Aérea del Ministerio de Fomento y las actividades militares con riesgo radiológico de origen natural, en el que dicha autoridad competente será la Junta Central de Protección Radiológica de Defensa del Ministerio de Defensa.

Por otra parte, con el fin de disponer de información sobre estas actividades, se obliga a los titulares de las actividades laborales en las que existan fuentes naturales de radiación a declarar estas actividades ante los órganos competentes en materia de industria de las Comunidades Autónomas en cuyo territorio se realizan estas actividades laborales, que incluirán dichas declaraciones en un registro que se crea a tal efecto, denominado «Registro de actividades laborales con exposición a la radiación natural». Se establece también, al objeto de disponer de información conjunta, un registro central en la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, al que los referidos órganos competentes autonómicos deberán remitir copia de las declaraciones.

Adicionalmente, se amplía esta regulación al almacenamiento y manipulación de los residuos generados en las actividades en las que existan fuentes naturales de radiación y no sólo a la generación de los mismos, como hasta ahora.

Por último cabe indicar que, mediante este Real Decreto se modifica el artículo relativo al ámbito de aplicación de este Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes aprobado por el Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, especificándose de una forma más precisa algunas situaciones de exposición a las que éste no aplica.

Comité de Redacción

## Aprobada la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo Radiológico

Mediante el Real Decreto 1564/2010, de 19 de noviembre se aprobó la Directriz Básica de Planificación de protección civil ante el riesgo radiológico con el objeto de reforzar la planificación de las medidas de protección e información a la población en supuestos de emergencias radiológicas.

La amplia variedad de posibles accidentes, sucesos y circunstancias con potenciales repercusiones radiológicas, que pueden derivarse de las instalaciones, equipos, fuentes de radiación y actividades le confieren a esta Directriz Básica una especial complejidad. Estas circunstancias han determinado la necesidad de clasificar las diferentes emergencias radiológicas en grupos, de manera que sea posible una planificación común para cada una de ellas.

Comité de Redacción

## Aprobadas dos instrucciones del CSN

- **Instrucción IS-28, de 22 de septiembre de 2010**, sobre las especificaciones técnicas de funcionamiento que deben cumplir las instalaciones radiactivas de segunda y tercera categoría. Publicada en el BOE no 246 de 11 de Octubre de 2010, y Resolución de 11 de noviembre de 2010, del Consejo de Seguridad Nuclear, de corrección de errores de la Instrucción IS-28.
- **Instrucción IS-29, de 13 de octubre de 2010**, sobre criterios de seguridad en instalaciones de almacenamiento temporal de combustible gastado y residuos radiactivos de alta actividad. Publicada en el BOE no 265 de 2 de noviembre de 2010.

Comité de Redacción

# NOTICIAS de MUNDO

## Simposio Internacional ISOE 2010

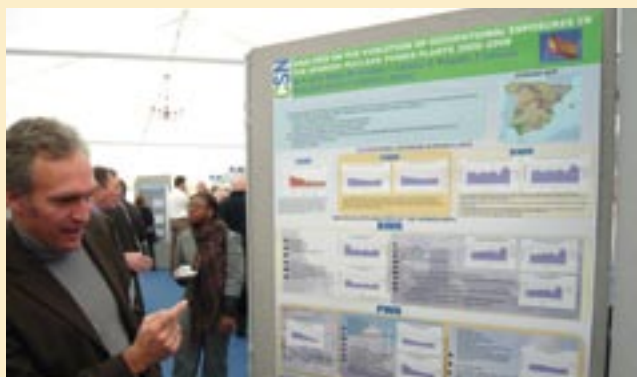
El Centro Técnico Europeo del *Information System on Occupational Exposure* (ISOE) ha organizado, en colaboración con la central de Sizewell B el simposio internacional de 2010 que se celebró en Cambridge (Reino Unido), del 15 al 19 de noviembre de 2010.

El simposio se centró fundamentalmente en aspectos relacionados con la Protección Radiológica en las centrales nucleares tales como trabajadores expuestos, jefes y encargados de Protección Radiológica (PR), representantes de los organismos reguladores, planificadores de operación y mantenimiento y organizaciones internacionales así como en el personal de PR en reactores de investigación y profesionales de otras instalaciones del ciclo del combustible con problemas de PR comunes a los de las centrales nucleares.

Este encuentro de profesionales de la PR fue una gran oportunidad para compartir prácticas y experiencias a nivel internacional. Además, la Exposición Técnica proporcionó a los participantes la posibilidad de ver los últimos desarrollos tecnológicos en el campo de la PR.

La asistencia a las diferentes reuniones del ISOE supuso un acercamiento a las prácticas de trabajo de reguladores y explotadores de centrales nucleares de otros países, a la vez que permitió comparar el estado actual de desarrollo de los programas ALARA en España con los del ámbito internacional.

El CSN participó con la presentación de un póster sobre la evolución de las dosis ocupacionales en las centrales nucleares españolas en el periodo 2000-2008 y con una exposición oral sobre las actividades reguladoras llevadas a cabo por el área de PR de los trabajadores en relación con las actividades de desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera.



Ponencia-póster del CSN presentada en Cambridge.

Los aspectos más destacables tratados desde el punto de vista ALARA por su posible aplicación futura en las centrales nucleares españolas tratados durante las diferentes reuniones se describen a continuación.

**Annual Meeting of the ISOE Management Board**  
(15 de noviembre de 2010)

En esta reunión celebrada entre los organismos reguladores y representantes del sector eléctrico se trataron aspectos relativos a:

- Gestión de la base de datos de ISOE durante 2009.
- Actualización de la propuesta de intercambio de experiencia en PR Operacional y lecciones aprendidas.
- Aspectos financieros de los centros técnicos para el 2010 y 2011.
- Aprobación del 19 informe anual del ISOE (2009).
- Actualización de la propuesta de colaboración con UNSCEAR relativo a los datos de la exposición ocupacional del ISOE.

Por su importancia cabe destacar el anuncio realizado en esta reunión relativo a grupos de trabajo sobre los siguientes asuntos:

- Desmantelamiento
- Detección de partículas alfa
- Química de centrales nucleares

**Regulatory Body Representative Meeting**  
(16 de noviembre de 2010)

En esta reunión convocada para los organismos reguladores de países participantes en el ISOE se trataron los aspectos relativos a la notificación de sucesos por parte de las CCNN a las autoridades.

Para ello el representante del organismo regulador suizo realizó un compendio de las encuestas cumplimentadas previamente por los organismos reguladores para definir las diferentes actuaciones en caso de sucesos relacionados con la Protección Radiológica.

En concreto, el CSN aportó principalmente los contenidos y aplicación de la IS-10 sobre criterios de notificación de sucesos en centrales nucleares.

**2010 ISOE International Symposium**  
(17 al 19 de noviembre de 2010)

Las sesiones estuvieron enfocadas a los siguientes aspectos:

- PR en el diseño de CCNN
- Gestión de la Protección Radiológica

- Dosimetría y materiales de medida
  - Gestión del término fuente
  - Experiencia en trabajos concretos
  - Lecciones aprendidas de sucesos en el campo de la Protección Radiológica
  - Protección radiológica del desmantelamiento
- La presentación realizada por el CSN tuvo lugar entre las ponencias relacionadas con la PR en desmantelamiento (día 19 de noviembre de 2010).
- Como conferencias destacadas se citan las siguientes:
- Limpieza del sumidero del canal de transferencia presentada por Eslovenia (central nuclear de Krsko), por su relación con el suceso de liberación de partículas en la central nuclear de Ascó.
  - Lecciones aprendidas de la irradiación de dos trabajadores en una central suiza por retirada de los thimbles de la vasija con personal presente en la cavidad, por tratarse de una maniobra común en recargas en las centrales nucleares.
  - Dispersión de la contaminación en los útiles de trabajo depositados en un vehículo presentada por el representante sueco, por su relativamente alta probabilidad de ocurrencia en centrales nucleares.

Miguel Ángel de la Rubia y M<sup>a</sup> Luisa Rosales, CSN

**Tercer Workshop EAN-NORM**

Durante los días 23 a 25 de noviembre se celebró en Dresde (Alemania) el Tercer Workshop de la Red Europea ALARA NORM (sus siglas en inglés son EAN-NORM), dedicado en esta ocasión a analizar los escenarios para la evaluación de dosis en la industria NORM. En este congreso participaron 45 asistentes de distintos países europeos (Alemania, Austria, Bélgica, Croacia, Francia, España, Holanda, Italia, Noruega, Polonia, Reino Unido, República Checa y Suecia), presentándose 25 ponencias.

Durante el workshop se presentaron varias evaluaciones de la dosis recibida por los trabajadores y el público que pudiera verse afectado por las distintas industrias NORM, de forma realista en algunos casos y conservadora en otros. En este intercambio de experiencias se comprobó que se utilizan aproximaciones muy diferentes para las evaluaciones en los mismos tipos de industria.

La conclusión principal de la reunión fue que es necesario alcanzar un consenso en diversos aspectos relacionadas con las industrias NORM. El principal de ellos es alcanzar una forma común de llevar a cabo las evaluaciones para las distintas industrias. Para ello se propuso que el grupo realizara una guía con este fin, tomando como punto de partida una guía alemana sobre las evaluaciones en la minería.

Todas las presentaciones realizadas en el workshop se colgarán en la web, y las discusiones sobre el documento de evaluaciones de dosis en las industrias NORM se producirán en el foro de la misma.

El centro de tecnología nuclear belga NuTeC, se ha postulado para celebrar el cuarto workshop del grupo en Hasselt (Bélgica), por lo que se asegura un año más la supervivencia del grupo, motivada por el interés de los participantes. Se planteó además la posibilidad de crear una cuota anual reducida

asociada a la pertenencia al grupo que contribuyera al mantenimiento de los gastos que conlleva.

Juan Carlos Mora, Ciemat

## Sexta reunión del Comité de Dirección de HERCA

En mayo de 2007 el organismo regulador francés (*Autorité de Sûreté Nucléaire*, ASN) celebró en París, una reunión denominada "Meeting of the European Protection Authorities", a la que asistieron representantes de los organismos reguladores europeos con competencias en materia de Protección Radiológica. Como resultado, se creó la asociación inicialmente denominada *Heads of European Radiation Control Authorities* (HERCA), actualmente presidida por Ole Harbitz, perteneciente al organismo regulador noruego.

El objetivo de esta asociación es el análisis de la aplicación práctica de las directivas y reglamentos europeos para promover formas de trabajo armonizadas en el ámbito de la Unión Europea. Con el fin de cumplir con este objetivo, se crearon cinco grupos de trabajo dedicados a los siguientes temas:

- Trabajadores expuestos externos (desarrollo de un carné radiológico europeo).
- Aspectos relacionados con el ámbito médico.
- Principio de justificación: aplicación y armonización en el caso de fuentes radioactivas.
- Preparación y gestión de emergencias.
- Stakeholders en el campo médico.

España está representada en HERCA por el Consejo de Seguridad Nuclear, habiendo delegado la presidenta del CSN su representación en esta asociación en el consejero Francisco Fernández Moreno. Por su parte, el CSN está participando activamente en los grupos de trabajo mediante la nominación de expertos en Protección Radiológica con amplio conocimiento de los temas tratados.

Desde su creación, el Comité de Dirección de HERCA se ha reunido dos veces al año con el objeto de realizar el seguimiento de los trabajos desarrollados en el seno de los diferentes grupos de trabajo.

En la reunión del Comité de Dirección celebrada en diciembre de 2009 en París, se creó un grupo especial al que se le encomendó la misión de mejorar la eficiencia y visibilidad del trabajo realizado por HERCA, así como la elaboración de los términos de referencia bajo el amparo de los cuales funcionaría la asociación. El grupo de trabajo está siendo presidido por Lodewijk Van Bladel, perteneciente al organismo regulador belga (FANC), y España participa en el mismo a través de la presencia de Juan Carlos Lentiño, director técnico de Protección Radiológica del CSN. Además de Bélgica y España, el grupo está formado por representantes de los organismos reguladores alemán, francés, noruego y suizo, así como por varios representantes de la Comisión Europea.

Los miembros de este grupo se reunieron durante los días 21 y 22 de octubre de 2010 en la sede del CSN, tratándose los siguientes temas:

- Contenido de los términos de referencia de HERCA.

- Discusión de las normas para la consolidación y futuro de HERCA.
  - Interacción de HERCA con otras asociaciones u organismos internacionales.
  - Desarrollo de la página web de HERCA.
- Posteriormente, el día 1 de diciembre de 2010, se celebró en la sede del organismo regulador francés (ASN), en París, la sexta reunión del Comité de Dirección de HERCA. La delegación española asistente a esta reunión estuvo encabezada por el consejero del CSN, Francisco Fernández Moreno, acompañado de Juan Carlos Lentiño (director técnico de Protección Radiológica) y de Isabel Villanueva (Relaciones Internacionales). Durante esta reunión se revisaron los trabajos desarrollados por los diferentes grupos de trabajo, entre los que cabe destacar:
- El desarrollo de un formato de carné radiológico para trabajadores externos de aplicación al entorno europeo con el fin de cumplir con los requisitos establecidos en la Directiva Euratom 90/641.
  - El análisis sobre la justificación del uso de los escáneres de cuerpo entero para su uso por razones de seguridad (aeropuertos).
  - El desarrollo de un documento sobre criterios para la liberación de pacientes tratados con I-131 con fines terapéuticos.
  - La elaboración de un compromiso de HERCA con los fabricantes de equipos de tomografía computerizada con objeto de reducir la dosis a pacientes como consecuencia de exploraciones médicas realizadas con este tipo de equipos.
- Finalmente, reseñar que tras la primera reunión de esta asociación en el año 2010, el Comité de Dirección de HERCA decidió modificar el nombre de la misma pasando a denominarse en la actualidad: *Heads of European Radiological Protection Competent Authorities* (HERCA).

Isabel Villanueva, CSN

## Seminario científico de la Comisión Europea sobre "Issues with internal emitters"

La Comisión Europea (CE) organiza cada año en cooperación con el Grupo de Expertos del Artículo 31 del Tratado de Euratom, un seminario científico sobre temas emergentes en Protección Radiológica con potencial implicación en la nueva legislación europea. Científicos relevantes en su campo son invitados a presentar la situación actual del conocimiento científico en el tema seleccionado.

Basándose en las conclusiones del seminario científico y en las discusiones que se generan durante el mismo, el Grupo de Expertos del Artículo 31 del Tratado de Euratom (entre los que se encuentran Eliseo Vaño, por el Ministerio de Sanidad, e Ignacio Amor, del CSN) puede recomendar a la Unión Europea acciones futuras en investigación o en regulación, o llevar a cabo nuevas iniciativas legislativas. Las conclusiones de los expertos son referencias valiosas en el proceso de actualización y potencial revisión de la legislación europea en Protección Radiológica.

El Seminario Científico 2010 tuvo lugar en Luxemburgo, el 23 de noviembre, sobre "Issues with Internal Emitters", abordándose temas de actualidad en relación a la estimación del

riesgo, la evaluación de las dosis y los efectos biológicos por incorporación de material radiactivo al organismo. El marco de esta acción son las nuevas recomendaciones de ICRP103 (2007) en Protección Radiológica. Cinco ponentes expertos en distintos campos de la dosimetría de la exposición interna presentaron los temas siguientes, relacionados tanto con exposiciones ocupacionales (trabajadores expuestos) como contaminación interna del público, y exposición interna de origen natural:

- Dosimetría, incertidumbres y estimación del riesgo en el contexto de los contaminantes internos. El mal uso de las magnitudes de dosis equivalente y dosis efectiva. Eric Blanchardon (Francia) y John Harrison (Reino Unido).
- Progreso en la comprensión del riesgo asociado al radón. Dominique Laurier (Francia).
- La cadena de decaimiento menos conocida: el Th-232 y sus descendientes. Serena Risica, Francesco Bochicchio y Cristina Nuccetelli (Italia).
- Actualización en las lecciones aprendidas de los cánceres de tiroides inferidos tras el accidente de Chernobyl. Sir Dillwyn Williams (Reino Unido).

Las presentaciones de los ponentes están disponibles en la página web de la Unión Europea, a través del vínculo [http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation\\_protection/seminars/scientific\\_seminar\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/seminars/scientific_seminar_en.htm).

Se presentaron también las conclusiones del segundo workshop de la Plataforma Europea MELODI (Multidisciplinary European Low Dose Initiative) de Investigación y Formación en efectos de las bajas dosis de radiación, celebrado en París en octubre de 2010. Uno de los objetivos de este evento era establecer la Agenda de Investigación (SRA-Strategic Research Agenda) y el Programa de Trabajo (Roadmap). Para más información sobre el tema se puede consultar el vínculo siguiente: [http://www.melodi-online.eu/MELODI\\_Statement\\_2010\\_11\\_18.pdf](http://www.melodi-online.eu/MELODI_Statement_2010_11_18.pdf)

Para finalizar la jornada se organizó una mesa redonda en la que se discutió sobre las necesidades de regulación y acciones de investigación futuras en el campo de la estimación del riesgo y de las dosis producidas por los contaminantes internos, contándose con la participación activa de los organizadores del evento, de los ponentes y del resto de expertos invitados, entre los que se encuentran representantes españoles por parte del CSN, del Ministerio de Sanidad y del Ciemat.

La información más relevante del seminario científico se resume a continuación.

## ***Incertidumbres asociadas a las dosis debidas a una contaminación interna***

Eric Blanchardon (IRSN, Francia) ha dejado patente la necesidad de evaluar adecuadamente las incertidumbres asociadas a las dosis por exposición interna. Se trata de considerar, no sólo las fuentes de incertidumbres asociadas a las técnicas de medida directa en contador de radiactividad corporal (calibración mediante maniqués simuladores del cuerpo humano, no siempre adecuados,...) y de medida indirecta de tasa de actividad en excretas (variabilidad en la excreción urinaria/fecal estándar,...), sino que es necesario caracterizar también las incertidumbres concernientes al desarrollo e implementación de los modelos dosimétricos y biocinéticos que describen el comportamiento metabólico del contaminante dentro del cuerpo.

Actualmente, en dosimetría interna, se aplican los Modelos del Tracto Respiratorio (ICRP66) y del Tracto Alimentario (ICRP100), los modelos sistémicos que describen la evolución de la actividad en el organismo desde la sangre y la linfa hasta el resto del cuerpo, y el Modelo de Herida (NCRP Report 156). Dichos modelos se generan a partir de datos disponibles de contaminación interna en humanos y por extrapolación de datos similares en animales, principalmente mamíferos. La incertidumbre asociada a cada modelo biocinético está relacionada con la calidad de los datos mencionados que han determinado el desarrollo del mismo, y con la disponibilidad de datos fisiológicos adecuados. Se confirma la falta de datos en la franja de edad de la población infantil (exposiciones internas del público) para algunos radionucleidos.

Respecto al desarrollo de modelos dosimétricos para emisores internos, las fuentes de incertidumbre principales (NCRP,1998) son: (1) información incompleta en la masa, composición y forma de los órganos y tejidos del cuerpo humano, (2) simplificaciones en las representaciones de ciertas estructuras anatómicas complejas en el cuerpo cuando se calcula la energía depositada en órganos y tejidos (3) limitaciones de datos físicos del contaminante como son la energía e intensidad de las radiaciones emitidas, coeficientes de interacción fotónica, etc., (4) limitaciones en los procesos computacionales para evaluar la deposición de la energía proveniente de radiaciones penetrantes, (5) identificación adecuada de las células blanco en cada órgano/tejido susceptibles de inducción de cáncer y (6) localización de emisores alfa, beta y Auger en tejidos.

En la aplicación de estos modelos biocinéticos y dosimétricos para la evaluación de la dosis por exposición interna, las principales fuentes de incertidumbre están asociadas a la variabilidad individual que da lugar a desviaciones respecto a los valores de referencia de dichos modelos, al conocimiento exacto del instante de la incorporación y a la forma físico-química de los contaminantes (AMAD, tipo de absorción).

Ante estas múltiples fuentes de incertidumbres a tener en cuenta en la determinación de dosis debidas a contaminantes internos, hay que destacar la filosofía implantada en las Guías IDEAS "General Guidelines for the Estimation of Committed Effective Dose from Incorporation monitoring Data" (Doerfel et al. 2006) que se sustenta en tres principios:

- Armonización: dos expertos que evalúan un caso de contaminación interna a partir de un conjunto de datos de medida, aplicando las Guías IDEAS llegarán a un mismo valor de Dosis Efectiva Comprometida E(50)
  - Optimización: se debería obtener la mejor estimación de la dosis a partir de los datos de medida disponibles.
  - Proporcionalidad: el esfuerzo a invertir en la evaluación de la dosis debe ser proporcional al valor de la dosis (según la dosis es menor, el proceso de evaluación será más simple).
- La dosimetría interna es un tema complejo, donde se aplican por un lado técnicas de medida específicas, y por otro lado modelos dosimétricos que se actualizan progresivamente según se consiguen avances científicos. La cuantificación de la incertidumbre asociada a la determinación de emisores internos es importante para estudios epidemiológicos, evaluaciones dosimétricas retrospectivas del riesgo individual, medicina nuclear y para el control de calidad de los programas de vigilancia de la exposición interna.



Se han aplicado recientemente nuevos métodos matemáticos para el tratamiento de incertidumbres. El Report 164 de NCRP sobre "Uncertainties in internal radiation dose assessment" se ha publicado en noviembre de 2010. La armonización en el tratamiento de incertidumbres a nivel europeo es un reto pendiente. Es recomendable llevar a cabo nuevas acciones para investigar la localización exacta de los emisores internos y de las células blanco en los órganos y tejidos dentro del cuerpo, para el estudio de los efectos sobre la salud de las radiaciones emitidas por los contaminantes, creando un vínculo entre la dosimetría/microdosimetría con la observación de la respuesta biológica en varias situaciones de exposición.

### Progreso en la comprensión del riesgo asociado al radón

Dominique Laurier (IRSN, Francia) presentó los últimos avances en la caracterización de la relación entre la exposición del radón y el cáncer de pulmón. El radón es un gas radioactivo de origen natural, formado como descendiente del uranio y del radio.

El radón inhalado y sus descendientes se depositan en distintas partes del tracto respiratorio, y producen irradiación de las células epiteliales. Estudios recientes de mineros afectados por bajos niveles de exposición al radón confirman coeficientes de riesgo de cáncer de pulmón más altos de los valores que se manejaban hasta ahora.

Por otra parte, se ha encontrado una buena coherencia de los resultados de los estudios de mineros con las conclusiones de estudio "indoor" en relación al riesgo de cáncer de pulmón. Análisis basados en cálculos de dosis confirman mayor contribución de lo que se pensaba, de los productos descendientes del radón a la dosis en pulmón. No hay evidencias consistentes de otros riesgos asociados a la inhalación del radón a parte del de cáncer pulmonar, pero aumenta la preocupación en el tema.

Se han planteado acciones futuras en relación a nuevos estudios que permitan una mejor cuantificación de los riesgos asociados a la inhalación del radón a bajos niveles de exposición. Se recomienda también depurar los cálculos de dosis en órganos, con análisis basados en la relación dosis-riesgo y aplicar los nuevos coeficientes de dosis a proporcionar próximamente por ICRP. Se sugiere considerar correcciones en relación a las incertidumbres asociadas a los resultados de medida, tanto para los estudios de minería como los de "indoor", para la estimación de la exposición y de la dosis.

Finalmente se propone una acción a gran escala para estudios de exposición al radón en la población infantil, como es el caso de los estudios realizados en Francia y Reino Unido en relación al riesgo de inducción de leucemia en niños. Lo adecuado sería desarrollar proyectos de investigación multidisciplinarios, donde se considere la interacción de los enfoques de la epidemiología, la dosimetría y la biología, y también estudios de epidemiología molecular.

### La cadena de decaimiento menos conocida: el $^{232}\text{Th}$ y sus descendientes

El Torio aparece en la naturaleza casi completamente como  $^{232}\text{Th}$ , lo mismo que para el Uranio la máxima contribución se corresponde con el  $^{238}\text{U}$ . Serena Risica, (Italia) plantea tres estudios de interés: (1)  $^{232}\text{Th}$  versus  $^{238}\text{U}$ , (2)  $^{228}\text{Ra}$  versus  $^{226}\text{Ra}$  y (3)  $^{220}\text{Rn}$  (Tn) versus  $^{222}\text{Rn}$ .

- Se enfatizó la necesidad de investigar incorporaciones por  $^{232}\text{Th}$  y sus descendientes, a través de la ingestión en la dieta y por inhalación en ambientes indoor/outdoor incluyendo lugares de trabajo. Se recomienda mejorar las técnicas de medida y la dosimetría de  $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ , además de revisar los coeficientes de dosis para el  $^{220}\text{Rn}$ .

- Por otra parte es importante prestar atención a las exposiciones de niños y jóvenes, especialmente en el caso de incorporación de  $^{228}\text{Ra}$  en el agua que se bebe en la dieta diaria; se recomienda establecer niveles de "screening" en este caso, y además prestar atención a la presencia de este isótopo radiactivo en el agua mineral y en los "spas".

- Finalmente se sugiere caracterizar la contribución de estos radionucleidos en el fondo natural de cada escenario de estudio y resaltar exposiciones críticas.

### Actualización en las lecciones aprendidas de los cánceres de tiroides inferidos tras el accidente de Chernobyl

- Sir Dillwyn Williams (Reino Unido) resaltó el hecho de que la exposición del *fall-out* producido por el accidente de Chernobyl ha llevado a un aumento importante en la incidencia del carcinoma de tiroides debido a la exposición de la población a radioisótopos del yodo. En la conferencia WHO/IAEA donde se consideraron los 20 años tras el accidente de Chernobyl, se presentaron datos que confirmaban alrededor de 4000 casos de cáncer de tiroides atribuibles a dicho accidente.

- El riesgo de la producción de tales carcinomas se sabe que es muy dependiente de la edad de la persona en el momento de la exposición, y de la incorporación de yodo estable. La morfología del tumor se correlaciona y cambia según el periodo de latencia. Además se sabe que las personas expuestas a edad muy joven mantienen el aumento de riesgo de incidencia de cáncer en la edad adulta. Se recomienda realizar consideraciones con fines reguladores para definir el riesgo en la población preescolar separado del riesgo en población infantil de mayor edad.

- Aunque la morbilidad asociada al cáncer de tiroides es alta en los niños altamente expuestos por incorporación de yodo radiactivo en el momento del accidente de Chernobyl, la mortalidad por cáncer de tiroides es actualmente extremadamente baja.

- En el futuro se recomienda continuar los estudios sobre los efectos de bajos niveles de exposición en toda Europa, así como los estudios de los carcinomas de tiroides para determinar posibles cambios en el tipo de tumores y en las mutaciones producidas como consecuencia de la radiación. También se muestra gran interés por estudios de efectos no-hereditarios y por el seguimiento de niños tratados por alta dosis de RIA (Radioinmunoensayo).

- Sir Dillwyn Williams insistió en que son necesarios estudios a largo plazo coordinados, que nos permitan comprender las consecuencias reales del accidente de Chernobyl. La Comisión Europea debería liderar acciones de este tipo, como por ejemplo establecer una Fundación para la investigación de los Efectos en la Salud debidos a Chernobyl (*Chernobyl Health Effects Research Foundation*).

- Los proceedings de este seminario científico serán publicados en la serie de documentos de Protección Radiológica de la Comisión Europea al final del año 2011.

María Antonia López Ponte, Ciemat

## Sociedad chilena de Protección Radiológica

En Santiago de Chile, el día 20 de noviembre de 2010 se constituyó oficialmente la Sociedad Chilena de Protección Radiológica (SOCHIPRA), en una reunión de sus 39 socios fundadores en la que, además, se aprobó el Estatuto de dicha sociedad y se eligió a su primer consejero directivo en la persona de Carlos Ubeda.



Socios fundadores de la Sociedad chilena de Protección Radiológica.

Más información en <http://proteccion-radiologica.blogspot.com/>

Comité de Redacción

## VIII Congreso Regional de Seguridad Radiológica y Nuclear IRPA

El VIII Congreso Regional de Seguridad Radiológica y Nuclear, I Congreso Latinoamericano del IRPA, V Congreso Nacional de Protección Radiológica, DSSA, se efectuó en la ciudad de Medellín, Colombia, del 11 al 15 de octubre de 2010. El congreso organizado por la Asociación Colombiana de Protección Radiológica, ACPR, contó, para su realización y desarrollo, con el apoyo de la Asociación Internacional de Protección Radiológica (IRPA, por su sigla en inglés), el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), la Organización Panamericana de Salud (OPS) y la Federación de Radioprotección de América Latina y el Caribe (FRALC), así como de entidades nacionales tales como: la Dirección Seccional de Salud y Protección Social de Antioquia, DSSA; el Ministerio de Minas y Energía, la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad de Antioquia.

El objetivo principal del congreso fue el de reunir a especialistas en Protección Radiológica y Seguridad Nuclear; físicos, ingenieros, médicos, estudiantes de pregrado y posgrado, técnicos y tecnólogos involucrados en estas áreas de trabajo, con el fin de discutir e intercambiar puntos de vista, refrescar conocimientos en torno a temas de actualidad, impulsar actividades que permitan el fomento del potencial investigativo y el desarrollo científico y técnico de estas especialidades.

Motivo especial de atención tuvo la discusión acerca de los desafíos, actuales y futuros a que se enfrentan los profesionales que se dedican a la Protección Radiológica, entre los que se destacan: el aumento permanente de las exposiciones médi-



cas; la exposición natural; la necesidad del mantenimiento de la vigilancia y control de los trabajadores ocupacionalmente expuestos; los programas de control y garantía de calidad, especialmente en radiología diagnóstica, intervencionismo y medicina nuclear; y la implementación de sistemas de gestión de fuentes en desuso y residuos radiactivos.

El VIII Congreso de Seguridad Radiológica y Nuclear IRPA permitió la participación de destacados miembros de la comunidad de Protección Radiológica y Seguridad Nuclear de Latinoamérica y, así mismo, conferenciantes de importantes organizaciones internacionales como IRPA, IAEA, OPS, y de la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR), quienes, adicionalmente, interactuaron con expertos nacionales, representantes de asociaciones y autoridades reguladoras de la región en los foros y mesas de trabajo realizadas a lo largo del congreso.

El congreso se estructuró alrededor de las siguientes actividades:

### I. Mesas Redondas:

- Gestión del conocimiento.
- Seguridad de las Fuentes Radiactivas y Emergencias Radiológicas.
- Criterios reguladores en Radiología Diagnóstica.
- Encuentro regional de altas autoridades reguladoras.

### II. Plenarias:

- Nuevas Normas Internacionales (BSS).
- Guías de Prescripción Médica-Justificación de la Práctica.
- Guía para la implementación en Latinoamérica del SRS 63 "Alta de pacientes luego de terapia con radionucleidos".
- Exposición Ocupacional en el área médica. ISEMIR lecciones aprendidas y trabajo actual.
- Impacto Ambiental.
- Protección Radiológica en intervencionismo.
- Software para la implementación del OIEA - TECDOC 1517 sobre control de calidad en mamografía.

### III. Foros:

- Sociedades Asociadas IRPA / FRALC / ACPR.
- Foro Iberoamericano.
- Protección radiológica del paciente.

### IV. Conferencias:

- Inaugural: "Paradigma Internacional de la Protección Radiológica y sus Consecuencias: Atributabilidad de Riesgos y Efectos".
- 50 años del Programa de radiología de la OPS.

Los Cursos de Avanzado cubrieron los siguientes tópicos:

- Métodos Avanzados de Dosimetría Interna: Aplicación de Guía IDEAS.



- Sistemas de Gestión para Autoridades Reguladoras.
- Implementación de Sistemas de Gestión de la Calidad y Seguridad en Servicios de Salud.
- Protección Radiológica en Radiología Intervencionista.
- Protección Radiológica en Tomografía Computarizada.

Estos Cursos contaron con la orientación de especialistas de Argentina, Brasil, Cuba y Uruguay, y en ellos participaron 89 personas de América Latina.

### Resultados y conclusiones

El VIII Congreso IRPA permitió mostrar el grado de madurez que las actividades de Protección Radiológica y seguridad nuclear han alcanzado en la región y, además, sirvió para consolidar este tipo de actividades académicas como el escenario por excelencia para la presentación del estado del arte de las mismas en América Latina.

En cuanto hace al fortalecimiento de las asociaciones de Protección Radiológica existentes, el congreso sirvió de espacio de discusión y reflexión sobre el funcionamiento de las mismas e igualmente propició la consolidación de nuevas, como es el caso de las asociaciones chilena, venezolana y paraguaya. Además, permitió el acercamiento con la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) y el Foro Iberoamericano de Autoridades Reguladoras.

La cifra total de participantes en el congreso sumó 319 personas, provenientes de diferentes países iberoamericanos, 215 de ellos colombianos.

Los artículos presentados, sea en la modalidad de ponencia o de póster, fue de 151 en total. Los siguientes enlaces electrónicos permiten acceder a las actividades del congreso:

(ponencias: [www.acpr.org.co/memorias.html](http://www.acpr.org.co/memorias.html);

fotos: [www.flickr.com/photos/cproteccionradiologicamed/](http://www.flickr.com/photos/cproteccionradiologicamed/))

### Agradecimientos

Los organizadores locales del VIII Congreso IRPA agradecen de manera especial a los señores: Kenneth Kase (IRPA), Dick Griffith (IRPA), Pablo Jiménez (OPS), Ileana Fleitas (OPS), Ronald Pacheco (OIEA), Raúl Ramírez (OIEA), Eduardo Medina (FRALC) y Leopoldo Arranz (SEPR) por el apoyo permanente y personal para que este congreso pudiera realizarse. Así mismo deseamos agradecer a todos los participantes y personas que, de una u otra manera, con su presencia hicieron posible el éxito de este evento.

*Anselmo Puerta*  
Vicepresidente del Congreso

## Resultados del Eurobarómetro 2010 sobre percepción de riesgo relacionado con la exposición a campos electromagnéticos

En junio de 2010 se ha hecho público el informe "Special Eurobarometer 2010" con los datos y análisis de las encuestas sobre la opinión pública en Europa acerca de los posibles efectos de los Campos Electromagnéticos (CEM) ambientales ([http://ec.europa.eu/public\\_opinion/archives/ebs/ebs\\_347\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_347_en.pdf)). El documento, coordinado según es habitual en estos análisis demoscópicos, por la Dirección General de Comunicación (DGCOMM), ha sido ejecutado a propuesta de la Dirección General de Sanidad y Consumo (DG SANCO) de la Comisión Europea. La encuesta se ha realizado sobre un total de 26 602 ciudadanos de los 27 estados de la UE. El propósito del estudio es evaluar la percepción pública de los potenciales efectos de los campos electromagnéticos para la salud.

El informe analiza los resultados agrupados en varias secciones, entre ellas las que tratan sobre (1) la percepción ciudadana acerca de los riesgos potenciales sobre la salud debidos a la exposición a campos electromagnéticos emitidos por cinco tipos de fuentes emisoras, (2) los niveles de preocupación y de conocimiento de los ciudadanos en la materia y, (3) la valoración ciudadana sobre la actuación de las autoridades públicas y la función de la Unión Europea en el área de la política de radioprotección.

En el conjunto de la UE, el porcentaje de encuestados que consideran que su salud puede verse afectada en alguna medida (entre muy afectada y moderadamente afectada) por los CEM ambientales, alcanza un nivel de preocupación del 70% para líneas eléctricas de alta tensión (LAT) o para antenas de telefonía móvil (ATM), y del 67% para teléfonos móviles (TM). Hay que señalar que mientras que los niveles de percepción de riesgo para LAT son similares a los descritos en el anterior Eurobarómetro, de 2006, los niveles de percepción de riesgo para ATM y TM han disminuido ligeramente (aproximadamente 6%) con respecto al anterior informe. Sin embargo, el mismo descenso en la percepción de nocividad se ha registrado para la radiación solar y para diversos agentes químicos. Una posible interpretación de estos resultados se basaría en el hecho de que la preocupación generada por la presente crisis económica (que no se había desencadenado todavía en 2006) relega a un segundo plano la percepción del público sobre potenciales riesgos medioambientales.

En cuanto al nivel de preocupación ciudadana un 46% de los encuestados afirma estar muy preocupado o bastante preocupado por los riesgos potenciales de los CEM para la salud, frente a 51% que se muestran no muy preocupados o no preocupados en absoluto. La preocupación de los españoles es relativamente alta, superando en 7 puntos a la media europea, mientras en los países nórdicos y algunos países bálticos los niveles de preocupación están por debajo de dicha media. La información es el factor principal propuesto como responsable para configurar las opiniones sobre los riesgos y las consiguientes preocupaciones. Sin embargo, el

informe no especifica cuáles serían las características de la información supuestamente adecuada.

Precisamente la información y la satisfacción sobre ella son otros de los parámetros analizados en el presente Eurobarómetro. Sorprende constatar que en los últimos cuatro años se ha registrado entre los encuestados una disminución notable en su nivel de conocimiento acerca de las fuentes emisoras de CEM. Las tres fuentes de las cuales el público es más consciente son las antenas de comunicaciones móviles y los teléfonos móviles, ambos con un nivel de conocimiento del 59% (es decir, 41% de los encuestados ignoraban que esos equipos emiten CEM), seguidas de cerca por las líneas eléctricas de alta tensión (58%). De hecho, el conocimiento acerca de las líneas de alta tensión como emisoras de CEM es el único factor que se ha mantenido prácticamente estable entre 2006 y 2010, ya que, en conjunto, la ignorancia de los ciudadanos europeos sobre las fuentes emisoras ha incrementado en 14 puntos porcentuales con respecto al Eurobarómetro de 2006. En general, los niveles de respuesta de los españoles se posicionan, como en casi toda la encuesta, en escalones intermedios.

En lo que respecta a la información, más del 60% de los encuestados afirma no haber obtenido información sobre los CEM en los medios de comunicación consultados habitualmente. Y, de entre aquellos que sí habían recibido información, un 58% se sentía poco o nada satisfecho, pues consideraba la información insuficiente, no fiable o no objetiva. Esta carencia en la información podría afectar a la credibilidad de los poderes públicos en su función de protección de los riesgos potenciales para la salud vinculados a los CEM. Así, los resultados del Eurobarómetro muestran que un 58 % de los encuestados no cree que las autoridades locales y europeas estén aplicando estrategias efectivas que protejan al público contra estos riesgos. En el caso de España, sólo un 18% de los ciudadanos opinó que las autoridades ejercen una protección eficaz contra los potenciales efectos nocivos de los CEM; lo cual supone un incremento del 15% en nivel de insatisfacción con respecto a 2006.

*María Ángeles Trillo  
Hospital Ramón y Cajal*

### Reunión de coordinadores nacionales del sistema FINAS

El sistema de notificación de incidentes de las instalaciones del ciclo del combustible nuclear (FINAS) de la OCDE/NEA tiene por fin recopilar información sobre informes notificables e incidentes acaecidos en instalaciones del ciclo del combustible nuclear diferentes a las centrales nucleares, al objeto de facilitar el análisis de sus causas raíces y la diseminación de las lecciones aprendidas y experiencia operativa entre los estados miembros. La base de datos FINAS es gestionada junto al OIEA desde 2001.

A tal efecto, se ha establecido una base de datos accesible vía internet al objeto de recoger, según un formato es-

tablecido, todos aquellos incidentes de los que se deduzca una posible experiencia interesante. La tarea de introducir en dicha base los incidentes, su análisis y lecciones aprendidas, recae en los distintos coordinadores nacionales, que en el caso de España es el Consejo de Seguridad Nuclear. La base de datos está operativa desde finales de 2008. En la actualidad se está en proceso de volcado de la antigua base de datos original (en papel) en el nuevo formato digital.

En principio, la base de datos FINAS es de carácter restringido, dado el carácter confidencial o propietario de la información que se registra en el análisis de los incidentes incluidos en la misma. El acceso a la base FINAS se concede por el coordinador nacional respectivo que deberá incluir como usuario genérico a las personas interesadas.

La última reunión se ha celebrado en la sede del OIEA en Viena, los días 5 y 6 de octubre de 2010, procediéndose a una exposición de los quince coordinadores nacionales presentes, de los sucesos más relevantes habidos en sus respectivos países.

La causa raíz de los incidentes reportados en la reunión se debe tanto a aspectos puramente técnicos como aspectos de errores humanos o de organización. El fallo en equipos se está originado mayoritariamente por falta de mantenimiento por lo que no se detectan a tiempo los desgastes propios del paso del tiempo o incorrectas especificaciones de los mismos. La falta de cultura de seguridad en estas instalaciones es una causa importante de los sucesos reportados (procedimientos operacionales incorrectos, pobre mantenimiento y errores en la documentación). También destacan en algunos de los sucesos notificados restricciones financieras y presiones de producción.

En resumen, los sucesos notificables en estas instalaciones continúan confirmando que el aspecto humano y de organización son causas fundamentales en los mismos y que no se incorporan las lecciones aprendidas de sucesos pasados en la operación de estas instalaciones.

La segunda parte de la reunión se dedicó a discutir aspectos de funcionamiento y de coordinación de la base de datos FINAS en su nuevo formato a través de Internet.

Se anunció la nominación de nuevos coordinadores nacionales por parte de siete nuevos países y se constató un incremento significativo de los usuarios genéricos de la base (74 nuevos usuarios desde la anterior reunión que tuvo lugar en octubre de 2009). De los actuales usuarios genéricos de la base de datos, 31 pertenecen a personal perteneciente a cuerpos reguladores y 53 a personal técnico de las distintas instalaciones interesadas.

Las acciones más importantes encargadas a los respectivos coordinadores nacionales han sido:

- Incorporar a la base de datos los sucesos notificables antiguos, que por diversas razones no se han incorporado a la base FINAS.
- Extender el uso de la base INAS, identificando y nominando a los posibles usuarios genéricos de la misma.

*José Luis Revilla, CSN*



## Plataforma Europea sobre la preparación para la respuesta y recuperación en las Emergencias Nucleares y Radiológicas (NERIS)

Desde junio de 2010 está operando una plataforma europea sobre la preparación para la respuesta y recuperación en las emergencias nucleares y radiológicas ("European Platform on Preparedness for Nuclear and Radiological Emergency Response and Recovery", NERIS-TP) que fomenta la participación conjunta de todas las organizaciones e instituciones (es decir, las autoridades europeas, nacionales y locales, organizaciones de apoyo técnico, operadores, organizaciones profesionales, institutos de investigación, universidades, consultores, organizaciones no gubernamentales ...) interesados en esta temática.

La propuesta de crear esta plataforma surgió durante la reunión final del proyecto europeo Euranos (6º Programa Marco-Euratom) celebrada en Madrid, en junio de 2009, con el acuerdo de todos los participantes en ese evento, incluido el Ciemat, de mantener el interés compartido por los países europeos y a nivel internacional, en los procesos de gobernanza participativa iniciados durante los anteriores programas marco europeos y en el desarrollo de técnicas y metodologías en todos los niveles operativos en materia nuclear y radiológica.

La Plataforma Neris fue establecida formalmente con la celebración de la primera Asamblea General (Helsinki, junio de 2010) en la que se aprobaron los términos de referencia que rigen la plataforma y se acordó la estructura y composición de los distintos órganos de gestión de la misma.

Hasta ahora, 34 organizaciones de 19 países europeos han firmado ya la Carta de Intención para unirse a la plataforma, constituyéndose en socios de pleno derecho. A nivel nacional están adheridos a esta plataforma el Ciemat y la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

Los objetivos de la plataforma se dirigen a:

- Mejorar la eficacia de los actuales enfoques europeos, nacionales y locales para la preparación a la respuesta de las emergencias nucleares o radiológicas y la recuperación.
- Promover un enfoque más coherente en la preparación para la respuesta a la emergencia nuclear o radiológica y la recuperación en toda Europa.
- Identificar las carencias y necesidades de los futuros desarrollos en materia de preparación para la respuesta a la emergencia nuclear o radiológica y la recuperación.
- Hacer frente a nuevos y futuros desafíos en el ámbito de la preparación para una respuesta a la emergencia nuclear y radiológica y la recuperación.
- Mantener y mejorar los conocimientos y experiencia técnica de los interlocutores sociales en toda Europa en la preparación para la respuesta a la emergencia nuclear o radiológica y la recuperación.

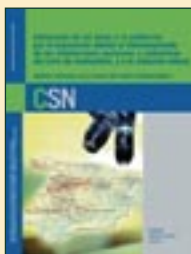
- Para lograr estos objetivos, la plataforma pretende:
  - Establecer un foro para el diálogo entre las autoridades europeas, nacionales, regionales y locales, organizaciones de apoyo técnico (OAT), los operadores, organizaciones profesionales, institutos de investigación, universidades, organizaciones no gubernamentales (ONG), grupos de interés, consultores, nacionales y locales.
  - Iniciar y apoyar las actividades de trabajo mediante la asociación europea, regional, nacional y local y los proyectos dedicados a la preparación para una respuesta ante la emergencia nuclear o radiológica y la recuperación.
  - Iniciar y coordinar las actividades en red para compartir experiencias, para contribuir a una mayor armonización en Europa, para promover el mantenimiento, desarrollo y adaptación de las herramientas y métodos para responder a las emergencias nucleares o radiológicas y la recuperación.
  - Asegurarse de un programa de formación supranacional mediante la estimulación de la continuación de los cursos de capacitación desarrollados durante el 6º Programa Marco de Euratom, la puesta en marcha de nuevos cursos de capacitación y talleres y ejercicios de acuerdo a las necesidades de todos los distintos actores.
- Para ello desarrollará las siguientes actividades:
  - Creación de actividades en red.
  - Mecanismos para mantener el estado del arte de las herramientas.
  - Mecanismos de difusión que incluyen la información basada en la web y conferencias.
  - Cursos de formación para usuarios potenciales de los manuales, herramientas y marcos de gobernanza.
  - Actividades para mantener el interés, incluyendo demostraciones de los productos actuales y futuros y ejercicios de emergencia.
  - Mecanismos para el intercambio internacional de expertos.
- Para apoyar estas actividades, la plataforma:
  - Participa en actividades de investigación y desarrollo.
  - Organiza ejercicios técnicos y la participación en actividades de demostración.
  - Promueve la participación de sus miembros en actividades internacionales.
- Actualmente, ya están en marcha las siguientes actividades, promovidas bajo la plataforma Neris y en las que participan el Ciemat y la UPM como representantes españoles:
  - Proyecto de colaboración europeo "Towards a self sustaining European Technology Platform (NERIS-TP) on Preparedness for Nuclear and Radiological Emergency Response and Recovery", (convocatoria del VII PM-Euratom, Fission-2010-3.3.1, de abril de 2010).
  - Grupos de Trabajo Temáticos dedicados a:
    - La aplicación práctica de las recomendaciones de la ICRP en emergencia y rehabilitación.
    - Los procesos y herramientas para la preparación a las emergencias y la rehabilitación en el ámbito local.
  - Mantenimiento de los Grupos de Usuarios fundados en el marco del Proyecto EURANOS relativos a instrumentos operativos como las Guías de Gestión para la recuperación y rehabilitación en el largo plazo (HUG) y de los Sistemas de Ayuda a la Decisión como del sistema RODOS (RUG), respectivamente.

Milagros Montero, Ciemat

# PUBLICACIONES

## Publicaciones CSN

### **Estimación de las dosis a la población por la exposición debida al funcionamiento de las instalaciones nucleares y radiactivas del ciclo de combustible, y a la radiación natural INT-04.21**



Se ha realizado una estimación retrospectiva de las dosis efectivas a la población de cada municipio del entorno de instalaciones nucleares o radiactivas debidas a los efluentes vertidos por las mismas desde el inicio de su funcionamiento. Adicionalmente, se han estimado las dosis debidas a la radiación natural en esos mismos municipios y en los adoptados como municipios de referencia.

[http://www.csn.es/images/stories/publicaciones/unitarias/informes\\_tecnicos/estudio\\_epidemiologico.pdf](http://www.csn.es/images/stories/publicaciones/unitarias/informes_tecnicos/estudio_epidemiologico.pdf)

## Publicaciones NCRP

### **Uncertainties in Internal Radiation Dose Assessment**

Report No. 164



El objetivo de este informe es revisar el estado actual de conocimiento de las incertidumbres generadas en las evaluaciones de dosis interna, incluyendo aquellas correspondientes a las técnicas de medida, y que se emplean en la realización de estas evaluaciones. En un informe publicado anteriormente (PNCR, 2007), se revisó el estado del conocimiento en el cálculo

de las incertidumbres procedentes de medidas de la dosimetría externa. El alcance de este informe se limita únicamente a la exposición a radiación interna. Está destinado a ser utilizado en las estimaciones de las dosis absorbidas.

<http://www.ncrppublications.org/Reports/164>

## Publicaciones OIEA

### **Governmental, Legal and Regulatory Framework for Safety**

IAEA Safety Standards



El objetivo de esta publicación es establecer los requisitos de seguridad en relación con el marco jurídico y reglamentario que debe establecerse en todo tipo de instalaciones y actividades; desde aquellas en las que se limita el número de fuentes de radiación a un programa de energía nuclear. Otras responsabilidades y funcio-

nes tales como los servicios de apoyo a la seguridad (incluida la Protección Radiológica), la preparación y respuesta ante emergencias, la seguridad nuclear, son también abordados en el documento.

STI/PUB/1465, 40 pp.; 2010

ISBN 978-92-0-106410-3

[http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1465\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1465_web.pdf)

### **Monitorización del medio ambiente y de las fuentes de radiación con fines de Protección Radiológica**

Guía de Seguridad No RS-G-1.8



Esta guía de seguridad tiene por objeto proporcionar orientación internacional, en consonancia con los principios actuales en materia de Protección Radiológica y teniendo en cuenta la experiencia acumulada desde que se publicaron las orientaciones anteriores, sobre la estrategia de monitorización relacionada con:

a) el control de las descargas de radionucleidos en el marco de las prácticas, y b) las situaciones que requieren intervención, como una emergencia nuclear o radiológica o la contaminación de zonas con radionucleidos de periodo largo en el pasado. Se analizan tres clases de monitorización: las que se aplican, respectivamente, a la fuente de la descarga, al medio ambiente y a la exposición individual.

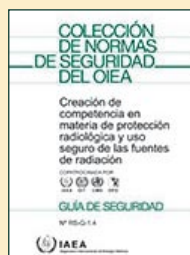
STI/PUB/1187, 83 pp.; 4 figures; 2010

ISBN 978-92-0-306910-6, Spanish

[http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1187s\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1187s_web.pdf)

### **Creación de competencia en materia de Protección Radiológica y uso seguro de las fuentes de radiación**

Normas de Seguridad del OIEA No Rs-g-1.4



Esta guía de seguridad contiene recomendaciones acerca de la manera de cumplir los requisitos establecidos en las NBS relativos a la capacitación en Protección Radiológica y en aspectos de la seguridad nuclear, del transporte y de los residuos radiactivos. Se proporciona a los órganos reguladores nacionales orientación sobre el establecimiento de requisitos mínimos de cualificación en la esfera

de la protección y la seguridad para las tecnologías nucleares. También se proporciona orientación sobre una estrategia nacional para la creación de competencia en esta esfera.

ISBN 978-92-0-307010-2

[http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1108s\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1108s_web.pdf)

## Publicaciones ICRU

### **Reference Data for the Validation of Doses from Cosmic Radiation Exposure of Aircraft Crew**

*Journal of the ICRU. Vol 10 No2 Report 84*



Uno de los objetivos de ICRU es proporcionar recomendaciones y datos de referencia para la dosimetría de la radiación. El propósito de este informe, realizado conjuntamente con ICRP, es aportar datos de referencia de las tasas de dosis equivalente ambiental de exposición a la radiación cósmica a partir de mediciones obtenidas en aeronaves, frente a los resultados obtenidos por los métodos habituales de evaluación de dosis anuales de dosis efectivas procedentes de la tripulación, para así comparar y validar.

<http://jicru.oxfordjournals.org/content/current>

## Publicaciones NEA

### **Evolution of the System of Radiological Protection**

*Implementing the 2007 ICRP Recommendations - Fifth Asian Regional Conference,*

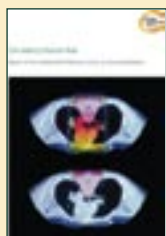
Desde 2002, NEA ha estado facilitando el debate de la evolución del sistema de Protección Radiológica en el contexto asiático. Su trabajo en esta área ha incluido cuatro conferencias previas en las que se discutieron diversas recomendaciones generales de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP). La Quinta Conferencia Regional Asiática sobre la evolución del Sistema de Protección Radiológica ha sido la primera reunión centrada directamente en la aplicación de las nuevas recomendaciones de la ICRP. Este informe proporciona conocimientos prácticos muy útiles, sobre el enfoque de Asia para la aplicación de la filosofía de Protección Radiológica.

ISBN: 978-92-64-99147-7

<http://www.nea.fr/html/rp/reports/2010/nea6828-Evolution-Systems-Radiological.pdf>

## Publicaciones HPA

### **Circulatory Disease Risk RCE 16**



Este informe se basa en el trabajo realizado por el Subgrupo AGIR sobre riesgo de las enfermedades circulatorias. El informe revisa la evidencia epidemiológica, experimental y médica sobre la exposición a la radiación elevando la incidencia de enfermedades del aparato circulatorio. En los últimos años se dispone de una mayor evidencia acerca de la asociación entre las enfermedades

circulatorias y la exposición a la radiación. Actualmente la protección contra las radiaciones no incluye las enfermedades

- circulatorias en el cálculo del perjuicio de las exposiciones a
- dosis bajas. Por tanto, es interesante revisar las pruebas de esta relación y considerar y analizar las repercusiones en el área de la Protección Radiológica.

ISBN: 978-0-85951-676-1 [http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb\\_C/1284475204588](http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb_C/1284475204588)

### **Risks from Ionising Radiation**

*HPA-RPD-066*



HPA asesora al gobierno y otras partes interesadas sobre la aplicación de las recomendaciones de la ICRP en el Reino Unido. Dicho asesoramiento se basa en una revisión objetiva de la evidencia científica y su aplicación en la elaboración de normas así como una experiencia sustancial en la fijación de criterios de protección.

- Este informe ofrece un análisis sobre las estimaciones del riesgo de radiación actuales, en referencia a las revisiones realizadas por el Comité científico de Naciones Unidas para el estudio de los Efectos de la Radiación Atómica (UNSCEAR) y para las evaluaciones que forman la base de las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP).

ISBN: 978-0-85951-665-5 [http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb\\_C/1274090258191](http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb_C/1274090258191)

### **Individual Monitoring Conducted by the Health Protection Agency in the London Polonium-210 Incident**

*HPA-RPD-067*



El presunto envenenamiento de Alexander Litvinenko con polonio-210 fue un evento extraordinario que presentó algunos desafíos únicos de salud pública. La contaminación ambiental con Po-210 fue localizada en varios lugares de Londres, incluyendo dos hospitales, hoteles, restaurantes y edificios de oficinas. Rápidamente se inició un extenso programa de vigilancia radiológica individual de las

- personas potencialmente expuestas basado en muestreo de orina. En cada lugar, se llevaron a cabo evaluaciones de riesgos para identificar personas con riesgo significativo de contaminación con polonio-210. A estas personas se les invitó a suministrar muestras, no sólo para permitir una evaluación directa de su propia exposición, sino también para la toma de decisiones sobre posibles contaminaciones de otras personas relacionadas con el sitio o el suministro de tranquilidad. Las muestras de orina analizadas fueron 753: cerca de 500 durante el primer mes, otras 250 hasta finales de mayo de 2007, y otros tres hasta agosto de 2007. Los resultados de evaluación de dosis se muestran en esta actualización del informe.

ISBN: 978-0-85951-666-2 [http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb\\_C/1274089667322](http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb_C/1274089667322)

# CONVOCATORIAS 2011

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

## ABRIL

- **8<sup>th</sup> Symposium of the Croatian Radiation Protection Association**

Del 13 al 15 de abril en la Isla de Krk, Croacia.  
Más información en la página web: [www.hdzz.hr](http://www.hdzz.hr)

- **18<sup>th</sup> International Conference on Medical Physics: Science and Technology for Health for All – ICMP2011**

Del 17 al 20 de abril en Porto Alegre, Brasil.  
Más información: [www.pucrs.br/fisica/icmp2011/index.html](http://www.pucrs.br/fisica/icmp2011/index.html)

## MAYO

- **11<sup>th</sup> Biennial ESTRO Conference on Physics and Radiation Technology**

Del 8 al 11 de mayo en Londres, Reino Unido.  
Más información: [www.estro-events.org](http://www.estro-events.org)

- **EU Medical Physics Experts Workshop**

Los días 9 y 10 de mayo en Sevilla.  
Más información: <http://portal.ucm.es/web/medical-physics-expert-project>

- **International Conference on Electromagnetic Fields, Health and Environment (EHE2011)**

Del 26 al 28 de mayo en Coimbra, Portugal.  
Más información: [www.apdee.org/conferences/ehe2011](http://www.apdee.org/conferences/ehe2011)

- **II Jornada-Taller "Comunicación y Riesgo Radiológico"**

El día 10 de mayo en la Sede del Congreso Nacional SEPR-SEFM en Sevilla.  
Más información: [www.sepr.es](http://www.sepr.es)

## JUNIO

- **30<sup>th</sup> International Dosimetry and Records Symposium – 2011**

Del 6 al 10 de junio en Coeur d'Alene, Idaho, EE.UU. Más información: [www.internationaldosimetryandrecordsymposium.org/](http://www.internationaldosimetryandrecordsymposium.org/)

- **11<sup>th</sup> International Conference on Applications of Nuclear Techniques**

Del 12 al 18 de junio en Creta, Grecia.  
Más información: [www.crete11.org](http://www.crete11.org)

- **International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity (ICRER 2011)**

Del 19 al 24 de junio en Hamilton, Canadá.  
Más información: [www.ecorad2011.net](http://www.ecorad2011.net)

# CURSOS 2011

## Curso de formación para operadores/ supervisores de instalaciones radiactivas

Organizado por: Servicio de Protección Radiológica, Facultad de Farmacia. Universidad de Santiago de Compostela.

Lugar, Fecha: del 9 al 23 de febrero de 2011. Facultad de Farmacia. Universidad de Santiago de Compostela.

Especialidades: Medicina Nuclear, Control de Procesos y Técnicas Analíticas.

Objetivos: el curso está dirigido a aquellas personas que requieren adquirir los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para la licencia reglamentaria imprescindible para trabajar en instalaciones radiactivas. Se ofrece la posibilidad de realizar dos posibles especialidades correspondientes a los campos de aplicación de Medicina Nuclear, dirigido a servicios hospitalarios, el de Control de Procesos y Técnicas Analíticas.

## IAEA-ICTP International School on Nuclear Security

Organizado por el Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics (ICTP), en colaboración con el OIEA y el Ministerio italiano de asuntos exteriores

Fecha y lugar: del 11 al 22 de Abril de 2011 en Miramare, Trieste, Italy

- Temas a tratar: Objetivos, consecuencias y riesgos - Amenazas contra la seguridad nuclear y consecuencias potenciales - Ámbito de aplicación de los eventos de seguridad nuclear - Elementos Básicos de Seguridad Nuclear - Interrelaciones entre "safety", "security" y "safeguards" - Información general sobre el marco jurídico para la seguridad nuclear - El OIEA y su papel en la seguridad nuclear - La protección física de material nuclear y las instalaciones nucleares - Seguridad de las fuentes radiactivas - Recuento de los materiales nucleares y radiactivos, control de inventario - Seguridad en el transporte - Detección de sucesos relacionados con la seguridad nuclear, materiales fuera de control - Respuesta ante sucesos relacionados con la seguridad nuclear, materiales fuera de control - Seguridad de la Información - TI / Seguridad informática - Asegurando la comunicación de información efectiva relativa a seguridad nuclear - Creación de capacidades y planificación de la sostenibilidad.

- Dirigido a profesionales de países en vías de desarrollo. Lo ideal es que tengan una experiencia de 1 a 3 años en una institución dentro de sus respectivos países con responsabilidades para garantizar algunos aspectos de la seguridad nuclear. Aunque la formación académica pueden variar, son especialmente bienvenidos los candidatos con una formación académica en disciplinas científicas o técnicas relacionadas con la seguridad nuclear, tales como Física Nuclear o Ingeniería Nuclear.

- Enlace página web: <http://agenda.ictp.it/smr.php?2233>



# Índice de RADIOPROTECCIÓN 2009 y 2010

## Artículos

AUTORES	TÍTULO ARTÍCULO	EDICIÓN
CARNICER, A.Y.; GINJAUME, M.; DUCH, M.A. y ORTEGA, X	Estudio de la distribución direccional del campo neutrónico en el edificio de contención de un reactor nuclear y propuesta de un procedimiento de calibración <i>in situ</i>	Nº 58 Vol XVI 2009
RODRÍGUEZ, A. y ORTIZ, M <sup>a</sup> . T.	ALARA en desmantelamiento de instalaciones nucleares	Nº 58 Vol XVI 2009
ALONSO, A.	Principios fundamentales de seguridad. Síntesis de la protección y la seguridad	Nº 58 Vol XVI 2009
ARGÜELLES, R.; RODRÍGUEZ MARTÍ, M.; SIERRA, I. y VILLARROEL, R.	Situación de las Unidades Técnicas de Protección Radiológica.	Nº 59 Vol XVI 2009
RUEDA, C.; ORTIZ, M <sup>a</sup> T. y FERNÁNDEZ, J.	Actuaciones de las UTPR en el campo industrial.	Nº 59 Vol XVI 2009
SERVERA, S.; GAMO J.M.; SÁNCHEZ MARCOS J.F. y FERNÁNDEZ PEÑA, A.	Actuaciones de las UTPR en el ámbito de las instalaciones nucleares.	Nº 59 Vol XVI 2009
BARÓ, J.; MARTÍNEZ-MORAS, F.; VELASCO, E. y RIU, J.	Actuación de las UTPR en el ámbito sanitario.	Nº 59 Vol XVI 2009
PUJADES, M.C.; CAMACHO, C.; GUASP, M. y VILLAESCUSA, J.I.	Protección Radiológica en estudios de doble ciego con radiofármacos.	Nº 61 Vol XVI 2009
PENTREATH, R.J.	Protección del público y del medio ambiente.	Nº 61 Vol XVI 2009
MONTERO, M. y GUTIÉRREZ, J.	Criterios y metodología en intervención postaccidental	Nº 61 Vol XVI 2009
CALLEJA, J.A. y GUTIÉRREZ, F.	Impacto radiológico asociado al transporte de material radiactivo por carretera en España	Nº 62 Vol XVII 2010
PÉREZ BRUZÓN, J. y MULERO, F.	Imagen molecular en investigación biomédica. La Unidad de Imagen Molecular del Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas.	Nº 62 Vol XVII 2010
CALLEJO, J.L.	Proyecto MOCAT: Herramienta de apoyo a la gestión de las emergencias en la CN de Santa M <sup>a</sup> de Garoña	Nº 62 Vol XVII 2010
ESPAÑA, M <sup>a</sup> .L.; GÓMEZ MARDONES, G.; GARCÍA CASTAÑÓN, P.; BERMÚDEZ, R.; GARCÍA ESPARZA, E. Y SOLÍS, I.	Protección Radiológica en Radiodiagnóstico Pediátrico	Nº 63 Vol XVII 2010
CASAL, M.D.; JIMÉNEZ, M.; UREÑA, A.; SÁNCHEZ, G. y HERRADOR, M.	Estudio dosimétrico en equipos de tc monocorte en pacientes adultos y pediátricos, y su aplicación en niños con enfermedades neuronales crónicas	Nº 63 Vol XVII 2010
MARTÍNEZ, L.C.	Riesgo para el paciente en Radiología Intervencionista	Nº 63 Vol XVII 2010
RAMÍREZ MUÑOZ, A. y CHAPEL M <sup>a</sup> .L.	Dosis a pacientes en mamografía. Estudio retrospectivo de más de 10 años de programa de cribado mamográfico	Nº 63 Vol XVII 2010
GARCÍA-TENORIO, R. y BOLIVAR, J.P.	¿Es necesario adoptar medidas de protección radiológica ocupacionales en algunas industrias NORM españolas dedicadas al procesado de minerales o materias primas?	Nº 64 Vol XVII 2010
PÉREZ, M.; CARVALHO-FILHO, A.E.; KHOURY, H.J.; CASAS M.C.; ANDRADE, M.E. y PAZ, J.E.	Detección de lesiones tumorales en fosa posterior en imágenes de Tomografía Computarizada cerebral para diversas condiciones de adquisición: un enfoque preliminar	Nº 64 Vol XVII 2010
JANSSENS, A.	Requisitos de Euratom con respecto a la vigilancia radiológica ambiental y revisión de las Normas Básicas de Seguridad	Nº 65 Vol XVII 2010
BAEZA, A. S.	Contenido de las sextas jornadas sobre calidad en el control de la radiactividad ambiental	Nº 65 Vol XVII 2010
LEGARDA, F.; GARCÍA-TENORIO, R. y NÚÑEZ LAGOS, R.	Control de calidad en los laboratorios de medida de radiactividad	Nº 65 Vol XVII 2010
DÍAZ FRANCÉS, I.	El <sup>210</sup> Po en la cadena alimenticia humana	Nº 65 Vol XVII 2010

## Notas Técnicas

AUTOR	TÍTULO	EDICION
MARTÍN OLIVA, R. y PUÉRTOLAS, J.R.	Hoja Excel para la estimación de blindajes en instalaciones PET	Nº 61 Vol XVI 2009
FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, C.	Hoja Excel para el cálculo de barreras en instalaciones de Braquiterapia	Nº 61 Vol XVI 2009

## Entrevistas

ENTREVISTADO	CARGO	EDICIÓN
RAFAEL RUIZ CRUCES y PÍO CARMENA	Presidentes entrante y saliente de la SEPR.	Nº 58 Vol XVI 2009
MANUEL RODRÍGUEZ MARTÍ	Subdirector general de Protección Radiológica del Consejo de Seguridad Nuclear	Nº 62 Vol XVII 2010
ELISEO VAÑÓ	Jefe del Servicio de Física Médica del Hospital Clínico San Carlos	Nº 63 Vol XVII 2010
MIGUEL HERRADOR	Presidente del Comité Organizador del Congreso Conjunto SEFM-SEPR Sevilla 2011	Nº 64 Vol XVII 2010
LUCILA RAMOS	Subdirectora general de Protección Radiológica Ambiental del Consejo de Seguridad Nuclear	Nº 65 Vol XVII 2010

## INFORMACIÓN PARA LOS AUTORES

### 1. PROPÓSITO Y ALCANCE

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

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

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

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

o por correo postal a:

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

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

### 2. RADIOPROTECCIÓN EN INTERNET

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

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

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

Las contribuciones que pueden enviarse a RADIOPROTECCIÓN son:

- *Artículos de investigación* teórica o práctica (Normas para su preparación en el apartado 3.2).

- *Revisiones técnicas* sobre temas actuales de especial interés (Normas para su preparación en el apartado 3.2).

- *Noticias* relacionadas con la Protección Radiológica, tanto de España como del mundo en general. Las noticias han de ser breves

(máximo de una hoja DIN-A4 escrita a espacio sencillo), de interés para los miembros de la Sociedad, redactadas en un lenguaje periodístico y deberán hacer referencia, cuando proceda, a documentos más extensos. En casos excepcionales, podrán ocupar un espacio mayor. Por razones editoriales será preciso firmar las noticias o indicar el origen de la misma.

- *Publicaciones* (revistas, libros, documentos de organismos nacionales e internacionales) de interés en el ámbito de la Protección Radiológica. La reseña debe incluir título, autor o autores, editorial, ISBN, precio, forma de adquirirlo y extensión, así como un pequeño resumen del contenido de la publicación. Siempre que sea posible se facilitará una imagen de la portada de la publicación para que aparezca junto con la nota. La extensión de la reseña debe ser como máximo de una hoja DIN-A4 escrita a espacio sencillo.

- *Recensiones de libros*. La recensión supondrá que el autor ha analizado el texto de la publicación y está en condiciones de emitir un juicio crítico que ayude al lector a mostrar o no interés por la publicación recensada. Se identificará título, autor o autores, editorial, ISBN, precio, forma de adquirirlo y extensión. Se facilitará así mismo una imagen de la portada de la publicación a fin de que sea reproducida en la revista junto con el texto enviado. Las recensiones han de ir firmadas por el autor de las mismas. La extensión máxima será de una hoja DIN-A4 escrita a espacio sencillo.

- *Convocatorias* de jornadas y congresos relacionados con la Protección Radiológica. Se facilitará el nombre de la convocatoria, fecha y lugar de celebración, así como un breve resumen de los aspectos más relevantes de la convocatoria. Siempre que sea posible se especificará la dirección de Internet donde aparece más información de la convocatoria. La extensión no será superior a una hoja DIN-A4 escrita a espacio sencillo.

- *Cartas al director*. En ellas se podrá hacer referencia a artículos publicados con anterioridad en la revista, o exponer comentarios o sugerencias relacionadas tanto con la revista como con la SEPR, así como con cualquier otro tema relacionado con la protección radiológica que se considere de interés para los socios de la SEPR.

- *Proyectos de I+D*. Breves recensiones sobre aquellos proyectos relevantes que estén financiados nacional o internacionalmente. Para aquellos proyectos de investigación que estén empezando, la nota debe incluir

el título del proyecto, sus características y objetivos, instituciones implicadas y marco institucional. En aquellos casos en los que el proyecto ya haya finalizado o se encuentre en un estado avanzado de desarrollo, la nota también incluirá los resultados más relevantes obtenidos y posibles acciones futuras. La extensión no será superior a una hoja DIN-A4 escrita a espacio sencillo.

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

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

Los trabajos (artículos y revisiones técnicas) deberán contener:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3.2.6. Anexos. Se solicita a los autores que no incluyan anexos, si el material puede formar parte del texto principal. Si fuera imprescindible incluir anexos, por ejemplo incluyendo cálculos matemáticos que podrían interrumpir el texto, deberá hacerse después del apartado *referencias bibliográficas*. Si se incluye más de un anexo, éstos deben identificarse con letras. Un anexo puede contener referencias bibliográficas, pero éstas deben numerarse y listarse separadamente (A1, A2, etc.). Debe hacerse mención a los anexos en el texto principal.

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

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

3.2.8. Figuras. Las figuras deben citarse en el texto numeradas con números arábigos, proporcionándose en hojas separadas. Las figuras aparecerán en blanco y negro en la revista, excepto casos muy excepcionales, lo que debe ser tenido en cuenta por los autores a la hora de elegir los símbolos y tramas empleadas en ellas. Las **fotografías** deberán entregarse en **original** (papel o diapositiva) o como **imágenes digitalizadas en for-**

**mato de imagen** (jpg, gif, tif, power point, etc.) con una **resolución superior a 300 ppp. Aunque las imágenes (fotos, gráficos y dibujos) aparezcan inscritas en un documento de word es necesario enviarlas también por separado como archivo de imagen para que la resolución sea la adecuada.**

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

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

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

Ejemplos de cómo citar las referencias bibliográficas:

Artículo de revista:

1. Ghiatas A.A., Chopra S., Schnitker J.B. Is Sonographic Flow Imaging Useful in the Differential Diagnosis of Adrenal Masses? Br. J. Radiol. 69:1005–8; 1996.

Libros:

2. Lovelock D.J. Radiation Incidents in Dentistry. In: Radiation Incidents. Pg: 6–11. Faulkner K, Harrison RM, editors. London: British Institute of Radiology, 1996.

Resúmenes de congresos:

3. Ring E.F.J., Elvins D.M., Bhalla A.K., editors. Current Research in Osteoporosis and Bone Mineral Measurement IV: 1996. Proceedings of the 1996 Bath Conference on Osteoporosis and Bone Mineral Measurement; 1996 June 24–26; Bath. London: British Institute of Radiology, 1996.

**4. PROCESO DE REVISIÓN DE LOS TRABAJOS**

En el caso de artículos y revisiones técnicas, la dirección de la revista acusará recibo de los mismos, pero ello no compromete

a su publicación. No se devolverá ningún original, excepto que sea solicitado explícitamente por los autores.

Todos los artículos y revisiones técnicas recibidos serán revisados al menos por dos miembros del Comité Científico de RADIOPROTECCIÓN. Los comentarios y sugerencias se enviarán a los autores para que sean tenidos en cuenta en la redacción final del trabajo. Si no estuvieran de acuerdo con alguno de dichos comentarios/sugerencias, deberán explicar los motivos de su desacuerdo. Una vez revisados, el Comité de Redacción decidirá finalmente cuando se publica cada trabajo.

Una vez se disponga de las pruebas de imprenta, éstas serán enviadas a los autores para que puedan revisarlas en el plazo que se indique.

El resto de contribuciones a RADIOPROTECCIÓN (ver apartado 3.1) serán revisadas por el Comité Científico y/o de Redacción de la revista con objeto de evaluar su idoneidad para ser publicadas.

**5. LISTA DE ASPECTOS A COMPROBAR ANTES DE ENVIAR LOS ARTÍCULOS Y REVISIONES TÉCNICAS**

Se invita a los autores a usar la siguiente lista de comprobaciones antes de enviar su contribución:

1. ¿Han utilizado unidades del SI?
2. Si se han usado abreviaturas ¿Son las estándar?
3. ¿Se ha usado la nomenclatura correcta?
4. ¿Será el trabajo inteligible para aquellas personas que no sean expertas en el tema?
5. ¿Se ha confeccionado la lista de referencias bibliográficas siguiendo las instrucciones de RADIOPROTECCIÓN? (apartado 3.2.5)
6. ¿Se proporciona una versión reducida del título del trabajo?
7. Si el primer autor no es la persona de contacto ¿Se ha identificado el autor al que debe contactarse en la página del título?
8. ¿Se citan las figuras en el texto en orden correcto?
9. ¿Se han confeccionado las figuras teniendo en cuenta que se publicarán en escala de grises?
10. ¿Se citan las tablas en el orden correcto?
11. Si mandas tu contribución por correo postal ¿Se envían las tres copias en papel y el CD o DVD?