

RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA



"EL CABRIL"



▲ **Entrevista:**

Eduardo Gallego

*Presidente del Comité Científico
de IRPA-12*

▲ **NCRP Report Nº 151 vs Norma
DIN 6847-2**

▲ **La detección de materiales
radiactivos en chatarras. La
experiencia de ENRESA**

Nº 55 • Vol. XV • 2008

RADIOPROTECCIÓN

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Directora

Paloma Marchena

Coordinadora

Beatriz Robles

Comité de Redacción

Borja Bravo

Cristina Garrido

Rosa Gilarranz

José Gutiérrez

Olvido Guzmán

Carlos Huerga

Teresa Navarro

Lola Patiño

Matilde Pelegrí

Pedro Ruiz

Celia Torres

Ángeles Trillo

Fernando Usera

Coordinador de la página electrónica

Juan Carlos Mora

Comité Científico

Presidente: José Gutiérrez

David Cancio, Luis Corpas, Felipe Cortés,
Antonio Delgado, Eugenio Gil,

Luciano González, Araceli Hernández,
José Hernández-Armas,

Ignacio Hernando, Rafael Herranz,

Pablo Jiménez, Juan Carlos Lentiño,

María Teresa Macías, Xavier Ortega,

Pedro Ortiz, Teresa Ortiz, Turiano Picazo,
Rafael Puchal, Luis Quindós,

Rafael Ruiz Cruces, Guillermo Sánchez,
Eduardo Sollet, Alejandro Ubeda,

Eliseo Vañó.

Realización, Publicidad y Edición:

SENDA EDITORIAL, S.A.

Directora: Matilde Pelegrí

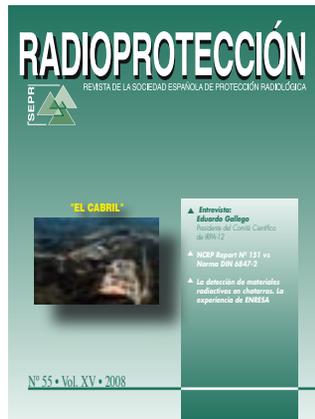
Isla de Saipán, 47 - 28035 Madrid

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



EDICIÓN MARZO 2008

S U M A R I O

- Editorial **3**
- Entrevista **5**
 - Eduardo Gallego
Presidente del Comité del Programa Científico del Congreso IRPA12
- Noticias **8**
 - de la SEPR 8
 - de España 29
 - del Mundo 31
- Colaboraciones **12**
 - NCRP Report No. 151 vs Norma DIN 6847-2
Javier Sánchez Jiménez y M^o Ángeles Rivas Ballarín 12
 - La detección de materiales radiactivos
en chatarras. La experiencia de ENRESA
T. Ortiz 22
- Proyectos de Investigación **34**
- Publicaciones **35**
- Convocatorias **36**

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 comparte necesariamente.

Editorial

Este número 55 de la revista **RADIOPROTECCIÓN** tiene un significado especial por el cambio periódico de personas en sus diferentes comités. Por ello, es importante no dejar pasar la ocasión que nos brinda este editorial para subrayar con letras mayúsculas un "GRACIAS" por el trabajo realizado a todos aquellos que dejan sus puestos. Sin su plena dedicación y sacrificio de horas robadas al ámbito personal, no habría sido posible mantener el buen nivel de nuestra revista.

Todo este trabajo ha sido coordinado por una persona que merece un reconocimiento especial. Me refiero a Almudena Real, ferviente admiradora del trabajo bien hecho y que lo ha puesto de manifiesto en sus años de dedicación al frente de **RADIOPROTECCIÓN**. Quiero reiterar las GRACIAS de nuevo, en nombre de todos, y desearte lo mejor en tus próximos retos profesionales y personales.

Me gustaría comentaros que el Plan Estratégico 2008-2012 está en el Foro de Socios de nuestra Web y que podéis participar realizando sugerencias y recomendaciones de mejora. Como sabéis, será presentado para aprobación el próximo 22 de abril de 2008 en la Asamblea General que tendrá lugar dentro de la Jornada sobre la Protección Radiológica en el 2007, en el Instituto de Ingeniería de España (IIE) en Madrid. Desde aquí os hago un llamamiento en nombre de la Junta Directiva para que asistáis al citado evento.

Por otro lado, en el XI Congreso de la Sociedad celebrado en Tarragona hubo una exposición técnica de equipos y documentos antiguos, la llamada EXPO PR. Teniendo en cuenta el arduo trabajo realizado para conseguir este material y el interés mostrado por socios y simpatizantes, la SEPR va a gestionar con la colaboración de ENRESA,

la organización de una exposición permanente de este material en el Centro El Mestral (Vandellós). Esperemos que esta exposición mantenga viva la representación gráfica del paso tecnológico de la Protección Radiológica a través del tiempo.

Nuestro próximo Congreso que celebraremos junto a la SEFM sigue avanzando coordinado por su comité organizador, encabezado por Bartolomé Ballester. En sucesivos números os tendremos informados de este reto para ambas sociedades y que tendrá lugar en Alicante, los primeros días de junio de 2009.

Por último, queda poco para que IRPA12 en Buenos Aires sea una realidad y para ello el presidente del Comité Científico nos cuenta en este número sus impresiones. Nuestro agradecimiento a Eduardo Gallego que tanto ha trabajado para IRPA12. Comentaros que la Junta Directiva le ha propuesto como candidato para la elección de los nuevos miembros del Comité Ejecutivo de dicha asociación internacional.

En el ámbito científico, este número recoge dos artículos muy interesantes; Uno sobre cálculos de blindajes según el NCPR Report 151, y otro de detección de material radiactivo en chatarras.

Hasta la próxima.

Un abrazo para todos.

Rafael Ruiz Cruces
Presidente de la SEPR



Junta Directiva

Presidente: Rafael Ruiz Cruces
Vicepresidente: Pío Carmena
Secretaría General: M^o Teresa Macías
Tesorera: Cristina Correa
Vocales: Manuel Alonso, Carmen Álvarez, José M. Fernández Soto, Teresa Navarro, Domingo Sustacha, Ricardo Torres

Comisión de Actividades Científicas

Presidente: Pío Carmena
Secretaría: Isabel Villanueva
Vocales: Josep Baró, Francisco Carreras, Antonio Delgado, Marisa España, Natividad Ferrer, Francisco García Acosta, Fernando González, Margarita Herranz, Paloma Marchena, M^o Luisa Marco, Carmen Rueda, Guillermo Sánchez de León, Alejandro Ubeda, Rosa Villarreal

Comisión de Asuntos Económicos y Financieros

Presidente: Cristina Correa
Vicepresidente: Pío Carmena
Vocales: Carolina Álvaro, Eduardo Gallego, M^o Jesús Muñoz, M^o Teresa Ortiz, Beatriz Robles

Comisión de Asuntos Institucionales

Presidente: Rafael Ruiz Cruces
Secretario: Pío Carmena
Vocales: Leopoldo Arranz, David Cancio, Pedro Carboneras, Manuel Fernández, José Gutiérrez, Ignacio Hernando, Xavier Ortega, Juan José Peña, Manuel Rodríguez, Eduardo Sollet

Secretaría Técnica

Capitán Haya, 60
28020 Madrid
Tel.: 91 749 95 17
Fax: 91 570 89 11
Correo electrónico: secretariasociedades@medynet.com

Comisión de Publicaciones

Presidente: José Miguel Fernández Soto
Secretaría: Almudena Real
Vocales: David Cancio, Joan Font, Susana Falcón, Eduardo Guibelalde, José Gutiérrez

La organización del Undécimo Congreso de la Asociación Internacional de Protección Radiológica (IRPA 11) representó un reto para España y la SEPR. Su éxito permitió una proyección destacada de nuestro país en el campo de la protección radiológica. Cuando faltan pocos meses para la celebración del Congreso IRPA12, Eduardo Gallego, presidente del Comité del Programa Científico, presenta en RADIOPROTECCIÓN los aspectos más destacados de este encuentro internacional.

El objetivo del Congreso es el refuerzo de la protección radiológica en todo el mundo

Eduardo Gallego es Doctor Ingeniero Industrial por la Universidad Politécnica de Madrid. Profesor Titular de dicha Universidad en el Departamento de Ingeniería Nuclear, dentro de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid. Imparte docencia en distintas asignaturas de Tecnología y Seguridad Nuclear y de Protección Radiológica. Investigador principal 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.

Autor de 20 artículos en revistas internacionales, 16 en revistas nacionales, 12 en libros y co-editor de 2 libros. Coautor del sistema informático MOIRA para la evaluación de estrategias de intervención sobre ecosistemas acuáticos contaminados radiactivamente.

Ha sido tesorero de la SEPR (2000-2004) y fue Secretario del Comité del Programa Científico del IRPA11. Miembro 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.



Eduardo Gallego

Presidente del Comité del Programa Científico del Congreso IRPA12

Las lecciones aprendidas del Congreso IRPA 11

En 2004, la Sociedad Española de Protección Radiológica culminó un proceso de más de cuatro años desde que Madrid fuera designada sede de IRPA11. La siguiente cita será en Buenos Aires, del 19 al 24 de octubre de 2008.

Eduardo Gallego es el responsable de llevar a buen término el programa científico del Congreso IRPA12. Su experiencia en el congreso de Madrid le permite aprovechar las lecciones aprendidas de la edición anterior, entre las que destaca "el trabajo aprovechando el soporte de Internet. Para un evento de estas características, y muy especialmente para el Comité del Programa en el que participan personas de todo el mundo, es fundamental poder comunicarse y trabajar. Por tanto,

tener un foro donde depositar material y donde discutir los distintos temas se convierte en algo primordial".

"Esta iniciativa se puso en práctica en IRPA11, aprovechando plenamente las ventajas de las bases de datos *online* para la revisión y clasificación de los trabajos recibidos. En el anterior congreso, el IRPA10 de Hiroshima, por ejemplo, el proceso de selección de los resúmenes fue prácticamente artesanal y a los miembros del Comité nos llegaron multitud de listados y paquetes de hojas para su revisión en un corto tiempo".

"Otra importante lección que aprendimos fue la ventaja de realizar las reuniones del Comité del Programa limitadas a un pequeño grupo. En Hiroshima todavía se reunía todo el Comité, lo cual hacía muy costoso e ineficaz el proceso dado el gran tamaño del

Comité (50 personas en el caso del IRPA12). Fue para el IRPA11 cuando comenzamos a trabajar con un núcleo reducido informando de todo lo debatido al resto de miembros del Comité. La dedicación de este grupo desde luego fue clave para el éxito,”

El apoyo a los países en desarrollo

Una de las iniciativas que más proyección tuvo en IRPA11 fue la creación del Comité de Soporte, que como explica Eduardo Gallego tenía como objetivo “ayudar a los participantes de países en desarrollo, o con pocos medios, a que pudieran acudir al Congreso. En IRPA11 se recabaron fondos de distintas organizaciones internacionales y de las propias sociedades miembros de IRPA. Para el Congreso de Argentina, se ha hecho algo similar y además se ha contado con el apoyo del OIEA, que permitirá a los participantes en sus proyectos de cooperación financiar su asistencia. El OIEA ha concentrado muchas de sus actividades regionales en las fechas inmediatamente previas o posteriores al Congreso, para facilitar una mayor asistencia. Se prevé que alrededor de 250 personas asistirán al Congreso gracias a esta iniciativa del OIEA. La OPS (Organización Panamericana de la Salud), también presta su ayuda para que profesionales de países en desarrollo del área americana puedan acudir al Congreso.”

Presencia española en el programa

La participación de Eduardo Gallego como presidente del Comité de Programas de IRPA12 evidencia el reconocimiento de su experiencia en esta materia, así como el buen momento de la protección radiológica en España.

En este sentido, la participación española es, en esta ocasión, muy destacada.

“En el ICPC (International Congress Program Committee), estamos cuatro españoles, David Cancio, Eliseo Vañó, Pablo Jiménez (representando a la OPS) y yo mismo. Respecto a las sesiones técnicas, su número se han incrementado mucho, pasando de 17 en Madrid a 38 en Buenos Aires; ello es debido fundamentalmente a su mejor distribución.

“Además, hay cuatro *reporters* españoles que van a hacer el resumen de las sesiones, David Cancio, Pedro Carboneras, Pedro Ortiz y Luis Quindós, además de tres ponentes invitados, que serán Antonio Delgado, Caridad Borrás y Eliseo Vañó, un curso de refresco que será impartido por Eugenio Gil, y tres seminarios de cinco horas de duración cada uno, en dos de los cuales participan Rafael García Tenorio y Eliseo Vañó como organizadores.

“En cuanto a las cifras generales, se han recibido 1.500 resúmenes para IRPA12, frente a los aproximadamente 1.300 de IRPA11. Entre ellos, domina la presencia de Brasil, seguido por Argentina, Francia, España (con casi 80 trabajos), Cuba, Japón, Alemania, India, Rusia, China, EEUU. y Reino Unido, todos ellos con más de 40 trabajos remitidos. La selección de trabajos para su presentación oral por parte del Comité, que se ha reunido en Viena a finales de marzo, ha tratado de abrir el máximo de oportunidades, de forma que finalmente se presentarán del orden de 250 trabajos oralmente, entre ellos, 13 de España.”

El programa científico

El programa científico es fundamental en este encuentro internacional. Eduardo Gallego indica las principales novedades.

“Teniendo en cuenta que la experiencia de anteriores congresos marca la pauta básica, podemos decir que no hay ninguna novedad espectacular.

Sin embargo, sí que hay cambios en cuanto al enfoque general, que se ha planteado bajo tres grandes temas:

- *Las bases del conocimiento* en las que se basa la protección radiológica, lo que hemos llamado la epistemología, donde entrarían la caracterización de la exposición (dosimetría) y los efectos biológicos.
- *El paradigma*, es decir, la filosofía y el modelo que se adopta para la protección radiológica, con tres subáreas:
 - Cómo desarrollar la estructura para poder aplicar correctamente la protección radiológica, tanto a nivel nacional como a nivel internacional incluyendo la formación de organismos reguladores, los programas de educación y capacitación de los profesionales, la cooperación internacional, etc. Es decir, la infraestructura necesaria para que la protección radiológica sea un hecho a nivel global, dado que el objetivo del Congreso es el refuerzo de la protección radiológica en todo el mundo.
 - Los criterios, los métodos, la filosofía y la cultura de protección radiológica, en lo que afecta a la protección del público, medio



ambiente, trabajadores y pacientes. Es decir, lo que constituye el sistema de protección radiológica que, normalmente, identificamos con las recomendaciones de la ICRP y que luego se plasman en la regulación.

- La protección radiológica desde el punto de vista de la respuesta a emergencias. La preparación en todos los ámbitos.
- **La praxis.** Las sesiones están estructuradas en cinco subáreas:
 - Instalaciones nucleares.
 - Instalaciones médicas.
 - La presencia de materiales radiactivos de origen natural en la industria.
 - Aplicaciones de las radiaciones ionizantes.
 - Radiaciones no ionizantes.

“Por otra parte, se ha organizado un gran número de sesiones para tener presentaciones orales, lo cual supone un estímulo para la participación; se ha aprovechado al máximo los espacios temporales, dentro de lo limitado del tiempo; y se han abierto también unos espacios a la hora de comer (working lunch), donde se celebrarán almuerzos de trabajo seguidos de conferencias impartidas por personalidades relevantes, que podrán ser seguidas además por todos aquellos congresistas que no estén presentes mediante un circuito cerrado de televisión.”

El renacimiento nuclear

En un momento en el que la energía nuclear parece experimentar un renacimiento, nos planteamos si se observa una mayor presencia de trabajos de las centrales nucleares y de la industria. En este sentido, Eduardo Gallego indica que “sí existe un mayor interés del sector nuclear. Por ejemplo, en el IRPA11 el número de trabajos sobre energía nuclear fue de 35, mientras que en IRPA12 se han recibido 29 resúmenes sobre protección en reactores

nucleares, 21 sobre el ciclo de combustible, 33 sobre desmantelamiento y restauración, y 53 dedicados a la gestión de residuos.

“Además, asistirán al Congreso representantes muy destacados de las industrias suministradoras de Francia, Argentina, Brasil, China e India, entre otros, además de responsables de la industria nuclear española, así como de grandes empresas eléctricas de Estados Unidos, Francia o Japón. La industria nuclear va a tener una presencia muy importante, que en anteriores congresos estaba un poco diluida.”

Las plenarios

Las sesiones plenarios abordan temas de interés general para los congresistas. Sobre este punto, Eduardo Gallego destaca que “habrá cuatro sesiones plenarios de background. La primera, con las presentaciones del UNSCEAR y la OMS sobre niveles de radiación, sus efectos en el mundo y los avances de los últimos cuatro años. En la segunda, una de las sesiones estrella, se discutirá sobre la armonización de las recomendaciones de la ICRP. En ella, participarán representantes de la propia ICRP, ICNIRP (International Commission on Non-Ionising Radiation Protection) e ICRU (International Commission on Radiation Units and Measurements). En la tercera, intervendrán todos los organismos internacionales que actualmente están debatiendo en el Comité Interagencias sobre Seguridad Radiológica (IACRS) las nuevas normas básicas de protección radiológica (OIEA, OMS, FAO, OIT, AEN/OCDE, OPS y la Comisión Europea). Y la cuarta versará sobre la participación de los llamados stakeholders, es decir, las partes interesadas y los agentes sociales, en las decisiones y la aplicación de la protección radiológica.

“Así mismo, hay una actividad en la que nuestra sociedad ha sido pionera y motor. Se trata de tres seminarios or-

ganizados conjuntamente con la sociedad francesa y británica para presentar experiencias y plantear un modelo de IRPA cara a la participación de las partes interesadas en el futuro. Las conclusiones de estos seminarios, que se celebraron en Salamanca, Montbéliard (Francia) y Oxford (Reino Unido), se están plasmando en unos principios guía de la IRPA para el desarrollo de este tipo de procesos de participación pública, se presentarán en la última sesión y serán aprobados en la Asamblea General de la IRPA, de forma que sirvan como referencia para el futuro.”

Un gran puzzle

A falta de las cifras finales, Eduardo Gallego indica que “en cuanto a número de ponencias, sobresalen siempre las de dosimetría. Se presentan 180 para dosimetría externa y 80 para interna, además de 106 sobre la protección radiológica del público. También destacan las sesiones del área médica y, sobre todo, las de protección en radiodiagnóstico (105) y en medicina nuclear (70), así como en radioterapia (50).”

La organización del programa de un congreso de estas características, con 1.500 resúmenes, además de las sesiones plenarios y los cursos de refresco, es como “un gran puzzle en el que las piezas se van definiendo poco a poco. En los primeros años de la preparación, tenemos una idea general basada en la experiencia previa, pero la realidad no llega hasta el momento clave, cuando se reciben los resúmenes y cuando empiezan a confirmarse los ponentes. Todavía nos queda trabajo por hacer, pero las perspectivas son buenas.

“Por ello, me permito animar a los profesionales de la protección radiológica en España a que participen en IRPA12, evidenciando nuevamente la importancia de nuestro sector y su proyección internacional.”



La Junta Directiva informa

La Junta Directiva celebró su última reunión del 2007 el día 22 de noviembre y la primera del 2008 el 14 de enero en Córdoba con motivo de una visita técnica realizada a las instalaciones de ENRESA en el Cabril.

Los asuntos aprobados en las citadas reuniones fueron los siguientes:

- La incorporación de 6 nuevos socios de número y la baja de dos. En la actualidad la SEPR cuenta con 602 socios de número.
- Se incorpora a la Comisión de Actividades Científicas de la Sociedad Dña. Ma Luisa España (Hospital de La Princesa, Madrid).
- El Plan de Actividades de la SEPR para el 2008 está definido y aprobado, un resumen del mismo aparece reflejado en este número de la revista y simultáneamente se ha colgado en la página web. Se irá informando a todos los socios, con suficiente antelación, del desarrollo de las diferentes actividades que se llevarán a cabo.

- Respecto al próximo Congreso conjunto SEFM-SEPR, que tendrá lugar en Alicante en el 2009, se aprobó la composición del Comité Científico y Organizador. En relación con este tema, se ha procedido a la baja del Grupo de Trabajo Mixto SEFM-SEPR para unificación de congresos dado que su objetivo ha sido realizado y el congreso conjunto SEFM-SEPR está en desarrollo.

- Revista RADIOPROTECCIÓN:

Como puede verse en el presente número de la revista se ha llevado a cabo la sustitución de los miembros del Comité de Redacción así como del presidente del Comité Científico de la misma.

M^a Teresa Macías

Actividades de la SEPR previstas en el año 2008

Actividad	Colaboración	Lugar	Fecha prevista
Publicaciones			4 números anuales
• Revista RADIOPROTECCIÓN			
• Página Web de la SEPR			Continuo
• Traducción de las recomendaciones de la ICRP			Final año
• Directorio de empresas de PR (producto Web)			Final año
Reuniones y Jornadas Científicas			
• Jornada sobre "La Protección Radiológica en el 2007".	Inst.de Ingeniería de España	Madrid	22 abril
Cursos y talleres			
• Curso sobre recogida de muestras de los Planes de Vigilancia Radiológica Ambiental	ENRESA, CSN	El Cabril (Córdoba)	7-11 abril
• Curso sobre efectos sobre la salud de los Campos Electromagnéticos	Col. Ofic. Médicos y Univ.de Málaga	Málaga	16-18 abril
• Curso de transporte de material radiactivo	CIEMAT, CSN	Madrid	5-9 mayo
• Curso de medidas de contaminación radiactiva (fuentes no encapsuladas)	CSIC-UAM	Madrid	6-9 octubre
• Taller de comunicación y riesgo radiológico		Madrid	11 noviembre
ExpoPR (Centro El Mestral)	ENRESA	Vandellos (Tarragona)	
Colaboración con la exposición "Vous avez dit Radioprotection?"	CEPN, SFPR		
Congreso IRPA -12		Argentina	19-24 octubre
Otras colaboraciones			
• Jornadas sobre Seguridad y protección radiológica en la gestión y almacenamiento de residuos radiactivos	Programa COWAM in Practice	Córdoba	26-27 marzo
• IV Jornadas sobre calidad en el control de la radiactividad ambiental.	Univ. Zaragoza, SNE	Jaca (Huesca)	28-30 mayo

La Junta Directiva visita "El Cabril"

El día 15 de enero la Junta Directiva de la SEPR realizó una visita técnica al almacén centralizado de residuos radiactivos de baja y media actividad de "El Cabril" donde pudimos comprobar y conocer de primera mano las instalaciones y todos los detalles del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental (PVRA) que se lleva a cabo en la instalación y su entorno desde hace más de 15 años.

La visita de la SEPR se enmarca dentro de la política de comunicación de ENRESA que ofrece a profesionales del sector la oportunidad de conocer "El Cabril" con el objetivo de obtener "opiniones expertas" sobre estas instalaciones de almacenamiento.



La Junta Directiva de la SEPR durante su visita a las instalaciones de El Cabril.

A consecuencia de ello, los medios informativos de Córdoba (El Día de Córdoba y Córdoba) quisieron conocer nuestras impresiones respecto a estas instalaciones y realizaron una conferencia de prensa. La Junta Directiva designó como representantes ante los medios de comunicación a nuestro presidente Rafael Ruiz-Cruces y a la secretaria general, María Teresa Macías. Ambos expusieron su impresión sobre diversos aspectos de las instalaciones, destacando la seguridad de las instalaciones y los controles de vigilancia radiológica e impacto ambiental que se llevan a cabo. Así mismo, indicaron que ENRESA ha optimizado el espacio de almacenamiento en "El Cabril", disponiendo de espacio suficiente para almacenar los residuos que se generen los próximos años durante la vida útil de las centrales.

Aprovechando esta visita La Junta Directiva de la SEPR celebró en la sede de ENRESA en Córdoba su primera reunión del 2008.

Teresa Navarro

Congreso conjunto SEFM-SEPR

Durante las visitas institucionales realizadas el pasado 27 de noviembre 2007 al Consejo de Seguridad Nuclear y al CIEMAT, Doña Carmen Martínez Ten (Presidenta del CSN) y Don Juan Antonio Rubio (Director General del Ciemat), muestra-

ron un gran interés por la realización conjunta de los próximos Congresos de las Sociedades de Física Médica y Protección Radiológica y mostraron su total apoyo a esta iniciativa.

El pasado 14 de febrero convoqué una reunión con los dos Vicepresidentes del Comité Organizador, Leopoldo Arranz y Waldo Sanjuanbenito y los dos Copresidentes del Comité Científico Bonifacio Tobarra y Antonio Delgado para aprobar la composición de los Comités Organizador y Científico y el lema del Congreso: "Física Médica y Protección Radiológica", por considerar que consolida el proyecto de la realización conjunta de ambos congresos y que sirve de inicio de una nueva etapa que puede resultar muy fructífera para ambas Sociedades. Asimismo se ultimó el temario científico que mejor engloba los contenidos del futuro proyecto, las fechas clave para la presentación de trabajos, el logo del congreso y las cuotas de inscripción y de stands, que estarán sujetos a su aprobación definitiva por los Comités Organizador y Científico.

Es importante que todos recordemos (y lo apuntamos en nuestras agendas) que el Congreso tendrá lugar en el **Palacio de Congresos de Alicante**, los días **2 al 5 de junio de 2009** y que la Secretaría Técnica correrá a cargo de Viajes Halcón. Se está diseñando la página Web con el fin de mantener informados a todos los socios de forma permanente. Esperamos disponer de ella en breve.

El 6 de marzo tuvo lugar la primera reunión del Comité Organizador con el fin de aprobar todos los temas pendientes, así como el primer anuncio del Congreso para lanzarlo en las próximas semanas.

Todo el equipo, que tengo el honor de coordinar, está con una alta dosis de ilusión, esperando poder ofrecer una organización impecable y satisfactoria para todos, incluso para los más exigentes. Este es nuestro reto.

Bartolomé Ballester Mol

Reunión COWAM

En el marco del proyecto europeo COWAM IN PRACTICE (CIP), la coordinación del Grupo Nacional CIP en España conjuntamente con la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) organizó unas Jornadas sobre "Energía y cambio climático" que tuvo lugar los días 24 y 25 de enero de 2008, Campus Nord de la UPC. Estas Jornadas están dirigidas a representantes de corporaciones locales y asociaciones de los municipios situados en el entorno de las instalaciones nucleares españolas, habiéndose invitado a la SEPR a participar en este proyecto como entidad nacional de referencia científica

y técnica, en temas relacionados con las radiaciones ionizantes y sus efectos.

En este marco, la SEPR esta colaborando con este proyecto en la preparación de unas Jornadas sobre Seguridad y Protección Radiológica en la gestión y almacenamiento de residuos radiactivos, que tiene como objetivo presentar a los participantes en el proyecto CIP un resumen de la experiencia práctica para proporcionar seguridad al público a través de la explicación del diseño de las barreras para evitar la liberación de radiactividad, así como el control y la vigilancia radiológica del medio ambiente para comprobar la eficacia de las mismas. Estas Jornadas se celebrarán en Córdoba los días 26 y 27 de marzo. Para más información dirigirse a Pío Carmena (pcarmena@endesa.es) o Leopoldo Arranz (larranz.hrc@salud.madrid.org).

Comité de Redacción

Cambios en la revista

El Comité de Redacción de RADIOPROTECCIÓN se ha renovado. Después de tres años de dedicación por parte del anterior equipo, ahora toman el relevo Paloma Marchena como directora y Beatriz Robles como coordinadora, además de Borja Bravo, Carlos Huerga, Cristina Garrido, Olvido Guzmán, Teresa Navarro, Pedro Ruiz, Celia Torres, M^{re} Ángeles Trillo y Fernando Usera.

Por su parte, José Gutiérrez ha sido designado presidente del Comité Científico.

La revista agradece a todos los miembros del Comité saliente, encabezado por Almudena Real, su esfuerzo y dedicación, que han permitido alcanzar los 25 años de edición y asumir el futuro con optimismo. Un futuro que asume el nuevo Comité con energías renovadas.

Por su parte, agradece también la labor de Luis Miguel Tobajas, que deja la presidencia del Comité Científico. La revista espera seguir contando con el importante apoyo de este equipo.

Comité de Redacción



Comité de redacción de la revista RADIOPROTECCIÓN.

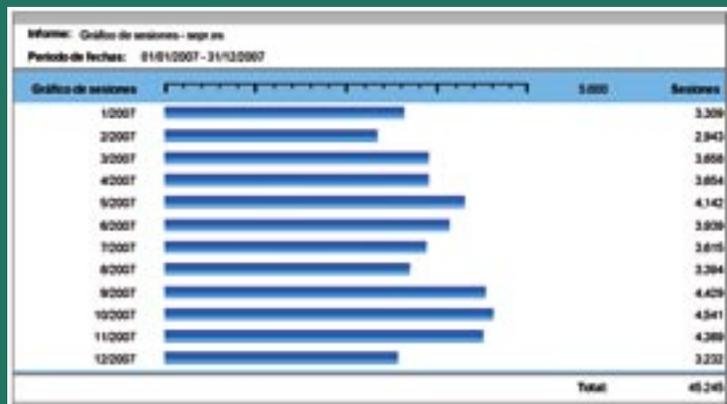


La página Web de la SEPR

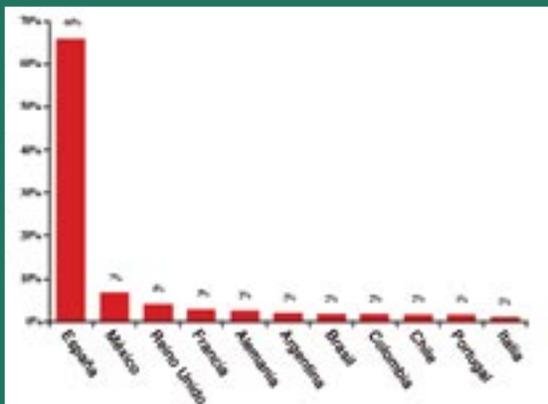
RESUMEN 2007

En este primer número de Radioprotección del año 2008, parece imprescindible realizar un resumen sobre el funcionamiento de nuestra página web durante el año 2007.

Durante ese año 2007, la web ha recibido un total de 45.245 visitas, es decir, 3.770 al mes en promedio. Los meses de septiembre, octubre y noviembre fueron los que registraron un mayor número de visitas (más de 4.000 al mes), coincidiendo con el Congreso anual de la SEPR que se celebró en septiembre tal y como se indicaba en el número anterior de la revista. Diariamente no existen diferencias de accesos remarcables excepto durante los fines de semana, donde los accesos se reducen a la mitad aproximadamente. Por horas, se produce un máximo a las 12 del mediodía mientras que el mínimo en las visitas se produce a las 6 de la madrugada.



Nuestra página es visitada desde varios países, siendo por supuesto desde España desde donde se realizan la mayor parte de las conexiones (un 66%), seguida por México (7%), Reino Unido (4%) y Francia (3%). También se realizaron visitas desde la mayoría de países latinoamericanos (a destacar Argentina, Brasil, Colombia, Chile, Perú y Costa Rica), pero también se visitó la página desde lugares más exóticos como Malasia, Vietnam o China.



Descarga gratuita para socios de las presentaciones de la Jornada Técnica sobre Dosimetría en Exposiciones Médicas realizada en noviembre de 2007

Están a disposición de todos los socios las presentaciones realizadas en La "Jornada Técnica sobre dosimetría en Exposiciones Médicas" organizada por la SEPR en La Princesa (Madrid) el 28 de noviembre de 2007.

En el apartado de "Descargables" de la web de la SEPR están disponibles las presentaciones de la mencionada Jornada: "Estado actual en dosimetría interna" (Teresa Navarro), "Implicaciones dosimétricas en PET" (Josep M. Martí), "Procedimientos de trabajo en los tratamientos con implantes permanentes y fuentes no encapsuladas" (M. Cruz Lizuain y Carmen Alonso), "Dosimetría en exposiciones médicas" (Marisa España) y "Estado actual de la dosimetría externa en exposiciones médicas" (Mercé Ginjaume).



Los usuarios entraron en la web principalmente de forma directa, accediendo a la url www.sepr.es, pero también de forma importante a través de enlaces en Google o la Wikipedia. Más del 37% de las visitas llegaron a través de enlaces en buscadores o en otras páginas web como la Wikipedia (2%), el CSN (0,3%) u otras como la SEFM, IRPA o el Foro de la Industria Nuclear Española.

De entre todas las entradas, los apartados más visitados en el año 2007 fueron por este orden: Descargables, Noticias, Convocatorias, Formación y Revista, que sumaron entre ellos más de 72.600 accesos (cada visita a la web puede realizar varios accesos a distintos apartados).

Los documentos más descargados durante el año fueron: la traducción de la "Hoja informativa sobre el Polonio 210" de la Health Physics Society (1.628 descargas), el "Manual general de protección radiológica" en el medio hospitalario (1.047 descargas) y el anuncio del "Curso de formación para operadores/supervisores de instalaciones radiactivas" de la Universidad de Santiago de Compostela (701 descargas).

Joan Font
Coordinador de la página web de la SEPR

NCRP Report N^o. 151 vs Norma DIN 6847-2

J. Sánchez Jiménez, M. A. Rivas Ballarín, P. Ruiz Manzano, M. Canellas Anoz,
A. García Romero y L. M. R. Núñez Martínez

Servicio de Física y Protección Radiológica. Hospital Clínico Universitario 'Lozano Blesa'

RESUMEN

Recientemente el National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP) ha publicado el Report No. 151, donde se expone un método de cálculo para los blindajes de instalaciones de radioterapia con haces de rayos X y gamma de megavoltaje.

El método de cálculo introducido por el nuevo Report da cobertura a aspectos como la IMRT y otras técnicas especiales, al diseño de detalles estructurales como los conductos, al diseño de la puerta y laberinto, o a radiación dispersada por la atmósfera.

En este trabajo se ha realizado el cálculo de los blindajes necesarios para el búnker de un acelerador Siemens ONCOR siguiendo el formalismo de NCRP 151 y el de DIN 6847-2. En ambos casos se han tomado los mismos valores para la carga de trabajo en el isocentro W , los factores de uso U y de ocupación T , así como para los límites de diseño P para trabajadores expuestos y público.

Los resultados obtenidos mediante la norma DIN 6847 son similares a los obtenidos con este documento, con algunas diferencias al tener en cuenta el límite máximo de dosis en cualquier hora introducido por la NCRP No. 151 en zonas de bajo factor de ocupación, o en aquellas barreras a las que llega radiación dispersada con un ángulo pequeño.

INTRODUCCIÓN

Recientemente el National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP) ha publicado su Report No. 151 donde se expone un método de cálculo para los blindajes correspondientes a instalaciones de radioterapia con haces de rayos X y gamma de megavoltaje [1]. Este Report sustituye al NCRP Report No. 49 [2] que solo cubría instalaciones de hasta 10MV.

Las principales novedades que se presentan en el NCRP 151 son:

- Los blindajes se evalúan de forma que no sólo no se supere el límite de dosis semanal, sino que tampoco se

supere una dosis máxima de $20\mu\text{Sv}$ en cualquier hora en zonas no controladas.

- Se incorpora un método para calcular las contribuciones de dosis debidas a técnicas especiales como la IMRT (Intensity Modulated Radiotherapy), el uso de brazos robóticos, la tomoterapia o la TBI (Total Body Irradiation).

- Se discute la necesidad o no de incluir la contribución debida a electrones y neutrones en el cálculo de las barreras.

- Los valores de la capa decimorreductora del hormigón son diferentes respecto a los de la norma del Deutsches Institut für Normung DIN 6487-2 [3].

- Se hacen consideraciones de diseño estructural en situaciones especiales

como los búnker sin puerta motorizada, los búnker sin laberinto, la radiación dispersa encima del techo (skyshine radiation) o la dispersa en el suelo (groundshine radiation).

CONSIDERACIONES PREVIAS DEL NCRP REPORT N^o. 151

Límites de dosis

En el NCRP Report 151 las distintas zonas próximas a una instalación de radioterapia se dividen en:

Zonas controladas

Es aquella que tiene acceso restringido y en la cual el personal que trabaja está bajo la supervisión de

ABSTRACT

The National Council on Radiation protection and Measurements (NCRP) has recently published its Report No. 151, which presents recommendations and technical information on the design of structural shielding for megavoltage X and gamma-ray radiotherapy facilities.

The calculation method introduced by this Report covers aspects like IMRT and other special techniques, as well as the design of structural details like doors, mazes and ducts, or the calculation of skyshine and groundshine radiation.

In this work the necessary shielding for a Siemens Oncor treatment unit has been calculated, following NCRP Report No. 151 and DIN 6847-2 standard. In both cases the same isocenter workload W , use factor U , occupancy factor T and shielding design goals P , for workers and public members, are used.

The results obtained with DIN 6847 are similar to the ones obtained with this Report, though there are some differences when considering the in-any-one-hour time averaged dose-equivalent rate in low occupancy factor areas, or where scattered radiation reaches the barrier under a small angle.

un encargado de la protección radiológica. Los trabajadores que trabajan en dichas áreas deben haber sido entrenados en el uso de radiaciones ionizantes.

Zonas no controladas

Las ocupadas por pacientes, visitantes (público) y trabajadores que no pertenecen al área de las radiaciones ionizantes. Así mismo serán áreas no controladas las adyacentes a la instalación de radioterapia

Los límites de dosis equivalente a conseguir tras los blindajes ("Design Goal"= P) en dichas zonas son:

Zonas controladas

P=5 mSv/año → 0,1 mSv/semana

Zonas no controladas

P=1 mSv/año → 0,02 mSv/semana

Los límites de dosis semanales son similares a los definidos por International Commission of Radiological Protection en el Report ICRP 60 [4], que establece el valor de 0,02m Sv/semana para zonas de libre acceso (no controladas) y de 0,12 mSv/semana para zonas vigiladas. Sin embargo, una de las principales novedades del NCRP report 151 es la introducción del límite de dosis en cualquier hora (R_h), exigido por el Nuclear Regulatory Comisión (NRC) en los Estados Unidos y que restringe la dosis máxima en cualquier hora a 0,02 mSv (NRC 2005) en zonas no controladas. Este límite de dosis se calcula como:

Para barreras primarias:

$$R_h = \frac{N_{max}}{t \cdot \bar{N}_h} \left[\frac{B_{pri} W_{pri} U_{pri}}{d_{pri}^2} \right] \quad (1)$$

Siendo:

N_{max} = Número máximo de pacientes que se pueden tratar en una hora.

\bar{N}_h = Número medio de pacientes tratados en una hora a lo largo de la semana.

t = Número de horas que se trata durante una semana.

B_{pri} = Factor de atenuación de la barrera dada para la radiación primaria.

W_{pri} = Carga de trabajo para la radiación primaria (Sv/semana).

U_{pri} = Factor de uso para la barrera debida a la radiación primaria.

d_{pri} = Distancia de la fuente ("target") a la barrera primaria (m).

Para barreras secundarias:

$$R_h = \frac{N_{max}}{t \cdot \bar{N}_h} \left[\left(\frac{C_F \cdot B_L \cdot W_L}{d_L^2} \right) + \left(\frac{a \cdot F \cdot B_{ps} \cdot W_{ps} \cdot U_{ps}}{400 \cdot d_{sec}^2} \right) \right] \quad (2)$$

Siendo:

C_F = Factor de fuga del cabezal = 10^{-3} .

d_L = Distancia del isocentro a la barrera secundaria (m).

a = Fracción de radiación dispersa en el paciente a 1m para un campo de 400cm² para el ángulo dado.

F = Área del campo máximo a 1 m (cm²).

d_{sec} = Distancia del paciente a la barrera secundaria (m).

B_L = Factor de atenuación de la barrera dada para la radiación de fuga.

W_L = Carga de trabajo para la radiación de fuga (Sv/semana).

B_{ps} = Factor de atenuación de la barrera para la radiación dispersada por el paciente.

W_{ps} = Carga de trabajo para la radiación dispersada por el paciente (Sv/semana).

U_{ps} = Factor de uso para la barrera debida a la radiación dispersada por el paciente.

Todo esto daría lugar a valores de dosis equivalentes reales muy por debajo de los límites arriba mencionados (0,02 mSv/semana y 0,12 mSv/semana para zona de libre acceso y vigilada respectivamente) porque además no se tienen en cuenta factores reductores de la dosis como:

— Atenuación del haz primario por el paciente de un 30% o más.

— Se asume incidencia perpendicular en las barreras incluso cuando no lo es.

— Se asume que el nivel de radiación de fuga es el máximo permitido por International Electrotechnical Commission en el Report IEC 60601-2-1-AM1 [5].

— Los factores de ocupación para zonas no controladas están sobreestimados (pe. ej. poca gente pasa el 100% del tiempo en su oficina).

— Se asume una distancia de 0,3 m de la barrera al punto de cálculo cuando en la mayoría de casos (especialmente en puertas) este valor es mayor.

— Si algunos datos son difíciles de estimar, se recomienda introducir en los cálculos un factor de seguridad (multiplicar por 1,5, por ejemplo).

— La regla de las dos fuentes, que se utiliza cuando hay contribución de radiaciones de varios tipos (p. ej. fuga y dispersa o máquinas de energía dual), es también conservadora, especialmente en el caso en que hay dos energías ya que ambas no pueden funcionar simultáneamente.

Técnicas especiales

El NCRP Report 151 incluye métodos de cálculo para la estimación de blindajes en técnicas especiales como la IMRT, la tomoterapia o la radiocirugía estereotáxica mediante brazo robótico. En estos casos el cambio principal se produce en el factor de la carga de trabajo para la radiación de fuga (WL). En el caso de la radiocirugía mediante brazo robótico también se establecen consideraciones especiales en cuanto a la posición de la fuente dentro del búnker.

Se hacen algunas consideraciones sobre el factor de uso de las barreras y su estimación en presencia de técnicas especiales como la TBI o la radiocirugía estereotáxica o bien aquellas máquinas dedicadas a una técnica en particular como la irradiación de mamas.

En el caso de la tomoterapia, cabe destacar que el tamaño del campo de irradiación es de tamaño inferior al ha-

bitual por lo que el anillo primario puede ser hasta 10 veces más estrecho. Por otro lado, los modelos actuales de tomografía incorporan blindaje propio por lo que, pese a la mucho mayor proporción de radiación de fuga, el espesor de las barreras se mantiene o incluso puede reducirse. No así en los modelos más antiguos, como el evaluado por Robinson y cols [6], donde la barrera primaria requería una capa décimorreductora (TVL) más y las barreras secundarias requerían un espesor 2 TVL mayor.

Factor de ocupación

Para el factor de ocupación no se definen valores estándar, sino que se deja a evaluar por el experto cualificado. Dicho valor debe determinarse como el cociente entre el tiempo máximo que podría pasar una misma persona en el área dada y el tiempo de funcionamiento de la instalación. Algunos valores que se sugieren son T=1 para zonas controladas, T=1/5 para zonas de ocupación media, donde se pasa un día a la semana, como cuartos de revelado, y T=1/40 para zonas de baja ocupación como pasillos o el exterior.

Factor de uso

Cuando una instalación se dedique a una técnica especial (p. ej. TBI) o predomine un tipo de tratamiento (p. ej. mamas con tangenciales) esto se tendrá en cuenta en el factor de uso de la barrera, así como en el cálculo de la contribución de fuga para la barrera opuesta. En tal caso la distancia de la fuente a la barrera será menor y su contribución se calculará por separado por ser mayor que la que obtendríamos de asumir que la posición media de la fuente respecto a las barreras es la distancia del isocentro a la barrera.

Carga de trabajo

Según el NCRP Report 151, en la distribución de la carga de trabajo se

tendrá en cuenta el uso de alguna técnica especial así como las medidas de control de calidad.

En el caso de que vayan a realizarse tratamientos con IMRT, la carga de trabajo en el cabezal WL, relevante para la radiación de fuga y los neutrones, será mayor que la carga de trabajo en el isocentro W, que es la utilizada para radiación primaria y dispersa. WL tiene en cuenta el factor IMRT (cociente entre las unidades monitor necesarias para dar 1 Gy en el isocentro en una planificación con IMRT y las UM necesarias en tratamiento convencional), que se calcula de la siguiente forma:

$$C_I = \frac{UM_{IMRT}}{UM_{conv}} \quad (3)$$

Dicho factor puede variar entre 2-10 o ser incluso superior. En el caso de dispositivos robóticas, como el CyberKnife [7], este factor es del orden de $C_I=15$. Debe incluirse también en la carga de trabajo de la IMRT la debida al control de calidad de dichos tratamientos, que puede ser no despreciable.

Para la carga de trabajo en el isocentro, en caso de no disponer de estimaciones directas, se recomienda una carga de trabajo semanal $W=1000\text{Gy/sem}$ para instalaciones con energías de fotones inferiores a 10MV y $W=500\text{Gy/sem}$ para instalaciones con energías superiores a 10MV.

Contribuciones de dosis por neutrones y electrones

Las dosis de electrones, a diferencia de la norma DIN, no se tienen en cuenta en ninguno de los cálculos por no suponer una contribución apreciable.

La dosis debida a los neutrones no se tiene en cuenta en el cálculo de las barreras primarias ni secundarias, (siempre y cuando sean de hormigón, por su elevado contenido en hidróge-

no) dado que queda cubierto por la contribución debida a la radiación directa o a la dispersa y de fuga respectivamente. Sólo se tienen en cuenta los neutrones y los fotones de captura neutrónica en la evaluación de la puerta del búnker.

Diseño de detalles estructurales

Se dan recomendaciones para el diseño de juntas, conductos para los cables o entradas de refrigeración y aire, tuberías y búnkeres construidos con plomo y otros metales. Los conductos nunca deben estar en barreras primarias y deben formar un ángulo lo mayor posible con la dirección del haz (o hacer zig-zag figura 1). Alternativamente se presentan otras soluciones para evitar la fuga de radiación (figura 2, figura 3, figura 4), en caso de que los conductos salgan de forma directa.

En los búnkeres blindados principalmente con metal (plomo, acero) y polietileno (para los neutrones), se puede producir dispersión bajo la unión de la pared con el suelo que podría alcanzar el exterior (figura 5). Se recomienda añadir una capa de plomo o acero en el suelo para reducir el recorrido de la dispersa bajo la pared. En este caso los neutrones no son un problema ya que son suficientemente atenuados por el hormigón.

Consideraciones especiales

Dispersión sobre el techo del búnker

En ocasiones los búnkeres se diseñan con poco blindaje en el techo por no haber estancias en la parte superior del mismo. Esto puede dar lugar a problemas debido a la presencia de radiación dispersada por la atmósfera o por el propio techo en puntos del suelo cercanos al búnker (figuras 6 y 7) o en edificios próximos a este (figura 8) respectivamente. La NCRP recomienda evaluar la dosis debida a dicha contribución para

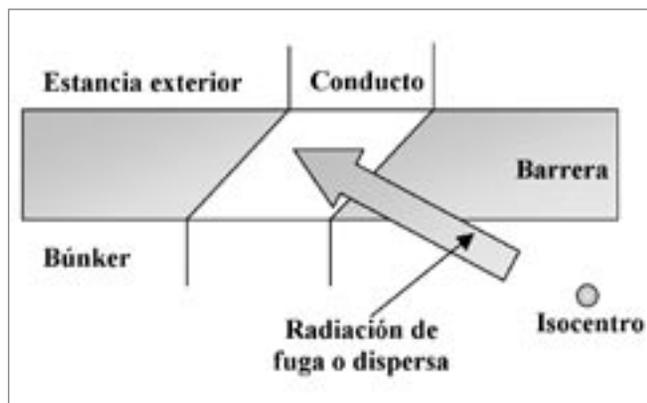


Figura 1: Conducto perpendicular al haz.

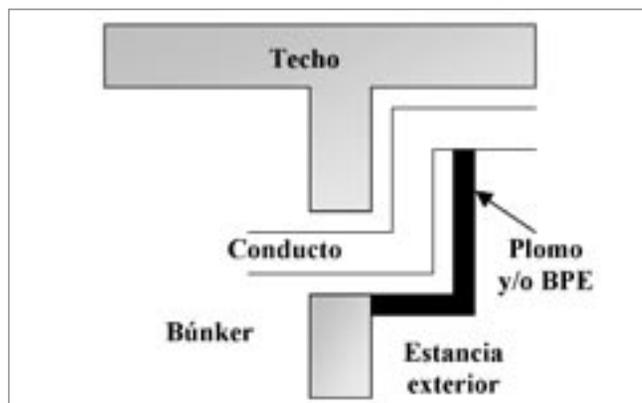


Figura 2: Giro en el conducto blindado con plomo y/o BPE para evitar la fuga de radiación.

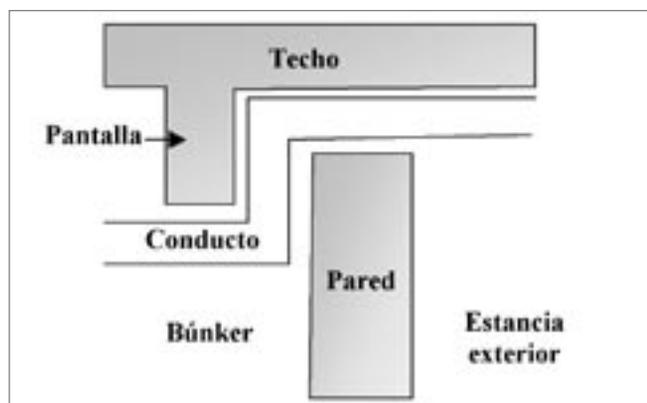


Figura 3: Giro en el conducto con pantalla de hormigón para evitar la fuga de radiación.

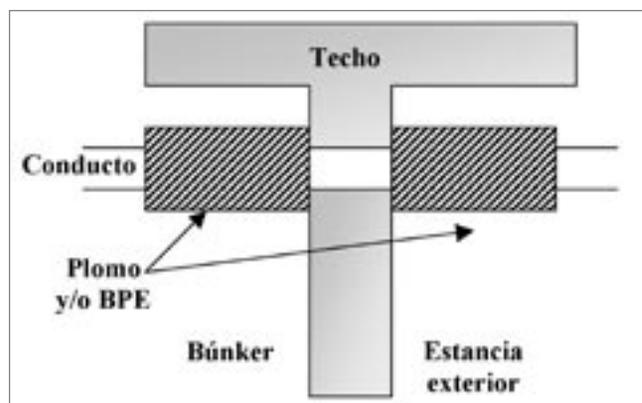


Figura 4: Conducto con recubrimiento de Pb y BPE a ambos lados de la barrera.

decidir acerca del blindaje del techo. El cálculo de la dosis debida a fotones y neutrones aparece en el NCRP Report 151 [8] como:

Dispersión en la atmósfera ("skyshine radiation")

$$\dot{H} = \frac{2,5 \cdot 10^7 \cdot (B_{ss} \cdot \dot{D}_0 \cdot \Omega^2)}{(d_s \cdot d_v)^2} \quad (4)$$

$$\dot{H}_{ss} = \frac{0,85 \cdot 10^5 \cdot H_n \cdot \beta \cdot Q_n \cdot \dot{D}_0 \cdot 7,96 \cdot 10^{-6} \cdot \Omega}{d_s^2} \quad \text{para } (d_s \leq 20m) \quad (5)$$

Dispersión en el techo (dispersión lateral)

$$\dot{H}_{ss} = \frac{\dot{D}_0 \cdot F \cdot f(\theta)}{x_n^2 \cdot 10^{14} \left| \frac{e^{-\mu x_n}}{\mu x_n} \right|} \quad (6)$$

Donde:

\dot{H} = Tasa de dosis equivalente debida a fotones dispersados en la atmósfera (nSv/h).

\dot{H}_n = Tasa de dosis equivalente debida a neutrones dispersados en la atmósfera (nSv/h).

\dot{H}_{ss} = Tasa de dosis equivalente por dispersión lateral (Sv/h).

B_{XS} = Factor de transmisión del techo para fotones.

Ω = Ángulo sólido subtendido por el campo máximo en ecuación (4) o subtendido

por las paredes para ecuación (5) (estereorradianes).

d_v = Distancia vertical de la fuente a un punto que esté 2 m por encima del techo (m).

d_s = Distancia horizontal desde el isocentro al punto de cálculo fuera del búnker (m).

\dot{D}_0 = Tasa de dosis absorbida en el isocentro (Gy/hr).

H_{ns} = Dosis equivalente a 2 m del techo por unidad de fluencia de neutrones incidentes en el mismo (Sv cm²/n).

β = Fracción de neutrones que atraviesan el cabezal del acelerador ($\beta=1$ para el plomo y $\beta=0,85$ para tungsteno).

Q_n = Intensidad de neutrones emitidos del cabezal del acelerador por Gy absorbido en el isocentro (n/Gy).

F = Tamaño del campo máximo de radiación (cm²).

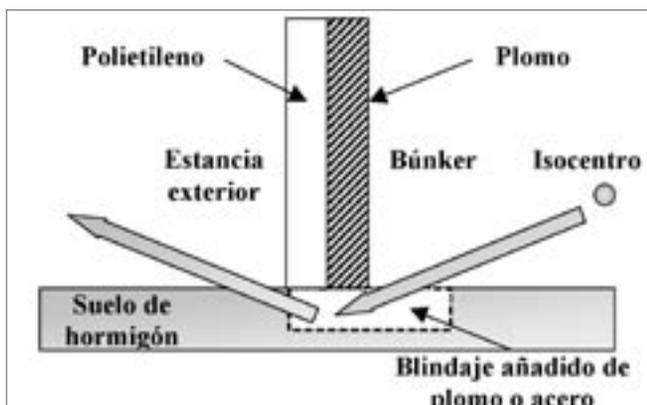


Figura 5: Protección de plomo o acero en búnkers de metales y polietileno para evitar radiación dispersa del suelo.

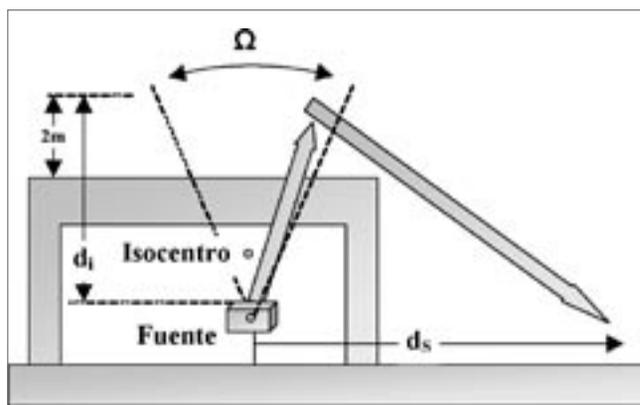


Figura 6: Radiación dispersa de fotones en la atmósfera que retorna al suelo.

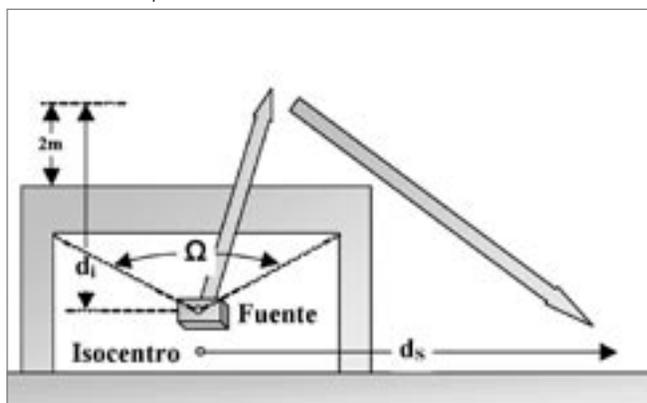


Figura 7: Radiación dispersa de neutrones en la atmósfera que retorna al suelo.

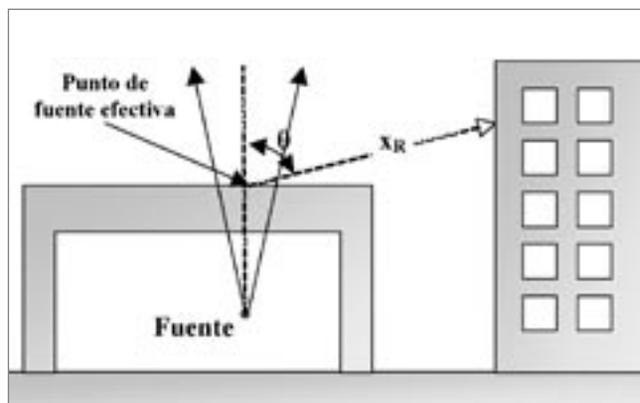


Figura 8: Radiación dispersa en el techo que incide en estancias adyacentes.

$f(\theta)$ = Distribución angular de fotones dispersados en el techo.

t = Espesor del techo (m).

x_R = Distancia del punto central del campo proyectado en la parte superior del techo al punto de cálculo (m).

TVL_i y TVL_e = Capas décimorreductoras inicial y de equilibrio para la radiación primaria en el techo (cm).

MÉTODO DE CÁLCULO DE BLINDAJES DEL NCRP REPORT Nº. 151

Barreras primarias

En primer lugar, se calcula el ancho del anillo primario proyectando la diagonal del mayor tamaño de campo disponible sobre la parte superior de la barrera primaria más alejada del isocentro y añadiéndole un margen de

30 cm a cada lado. Se debe tener en cuenta la limitación en la diagonal del mayor tamaño de campo disponible que presentan algunos aceleradores que, pese a permitir campos de 40 cm x 40 cm, restringen su diagonal a 50 cm.

Para el cálculo del espesor de la barrera primaria tan sólo se tendrá en cuenta la radiación primaria de la energía más alta disponible puesto que la primaria de energías menores, la radiación de fuga (incluso con IMRT) y la dispersa quedan suficientemente atenuadas por el espesor calculado. El punto dónde se busca la dosis objetivo (P) se sitúa a 30 cm del exterior de la barrera cuyo espesor calculamos.

Se calcula la atenuación necesaria (B) para conseguir la dosis objetivo P como:

$$B_p = \frac{P \cdot d^2}{W \cdot U \cdot T} \quad (7)$$

Donde:

P = Dosis objetivo (Sv/semana).

W = Carga de trabajo para dosis primaria con la mayor energía de fotones (Gy/semana).

d = Distancia desde la fuente al punto de dosis objetivo.

U = Factor de uso de la barrera primaria.

T = Factor de ocupación de la sala al otro lado de la barrera primaria.

De aquí obtenemos el espesor necesario como:

$$t_{pri} = TVL_i + (\log(1/B_{pri}) - 1)TVL_e \quad (8)$$

Donde los valores de la TVL son los presentados en la tabla I.



Material	Energía (MV)	TVL1(cm)	TVLe(cm)
Hormigón (d=2.35g/cm ³)	6	37	33
	15	44	41
	18	45	43

Tabla I: Valores de TVL₁ y TVL_e para la radiación primaria en función de la energía.

Una vez calculado el espesor, se debe verificar que, en zonas no controladas, cumple el límite de dosis en cualquier hora R_h mediante la ecuación (1) o la ecuación (2).

Barreras secundarias

En el cálculo de las barreras secundarias se tienen en cuenta la contribución de la radiación dispersada por el paciente y la radiación de fuga procedente del cabezal. Para computar ambas se usa el modelo de doble fuente según el cual se calcula el espesor necesario para conseguir la dosis objetivo al otro lado de la barrera para cada contribución por separado y de forma independiente. Si el menor de los dos espesores difiere del mayor en más de una TVL se toma como espesor final el mayor de los dos calculados. Si no fuera así se añadiría una capa hemirreductora (HVL) al mayor de los espesores calculados para dar el espesor final.

La energía de la radiación dispersa depende fuertemente del ángulo de dispersión (próxima a la del haz primario para ángulos inferiores a 20° y mucho menor que ésta conforme va aumentando el ángulo). Por ello la TVL hay que calcularla para cada ángulo. La fracción de dispersión a también de-

be determinarse en función del ángulo. Para un punto determinado, tomaremos la orientación del haz para la cual el ángulo de dispersión es mínimo, con el factor de uso que corresponda a esa orientación. Aunque habría que asegurarse de que la contribución de dosis de las otras orientaciones es despreciable tras la barrera calculada en el primer caso.

Para la radiación dispersa se considera TVL₁ = TVL_e y se obtienen de la tabla II. La contribución de dispersa se calcula como:

$$B_p = \frac{P \cdot d_{sca}^2 \cdot d_{sec}^2 \cdot 400}{a \cdot W \cdot U \cdot T \cdot F} \quad (9)$$

a = Fracción de radiación dispersada por el paciente en el ángulo dado para un campo de 400cm² (tabla III).

d_{sca} = Distancia de la fuente al paciente (m).

d_{sec} = Distancia del paciente al punto de dosis objetivo (m).

La contribución de la radiación de fuga se calcula tomando, no la carga de trabajo en el isocentro, sino la carga de trabajo en el cabezal WL que tiene en cuenta el factor C₁ para IMRT o técnicas en las que el número de unidades requeridas para dar una dosis en el isocentro es mayor que el de un

tratamiento convencional. Las capas décimorreductoras para la radiación de fuga aparecen en la tabla IV. El factor de atenuación para esta contribución se calcula como:

$$B_L = \frac{P \cdot d_L^2}{10^{-3} \cdot W_L \cdot T} \quad (10)$$

d_L = Distancia del isocentro (suponiendo una utilización homogénea de las angulaciones del gantry) a la barrera secundaria (m).

Blindaje de la puerta

Según la NCRP 151 si se construye un laberinto y éste tiene una longitud superior a los 2,5 m la dosis de los fotones dispersos es despreciable frente a la de los fotones de captura neutrónica. No obstante se recomienda evaluar siempre su contribución. Por otro lado la dosis por neutrones (o fotones de captura neutrónica) es despreciable para aceleradores con energías inferiores a los 10MV.

Contribución de fotones

Dentro de la radiación constituida por fotones, encontramos por una parte los procedentes de captura neutrónica (H_{cg}) y por otra radiación terciaria, que comprende las siguientes contribuciones:

- radiación primaria dispersada en una barrera primaria y dispersada hacia el laberinto (H_S).
- radiación primaria que atraviesa la pared interna del laberinto y se refleja en la pared opuesta (H_{WT}).

Material	Energía (MV)	TVL(cm)					
		15	30	45	60	90	135
Hormigón (d=2.35g/cm ³)	6	34	26	23	21	17	15
	15	42	31	26	23	18	15
	18	44	32	27	23	19	15

Tabla II: Valores de TVL para la radiación dispersa en función del ángulo de dispersión y la energía.

Energía (MV)	a(θ)							
	10	20	30	45	60	90	135	150
6	1,04·10 ⁻²	6,73·10 ⁻³	2,77·10 ⁻³	1,39·10 ⁻³	8,24·10 ⁻⁴	4,26·10 ⁻⁴	3,00·10 ⁻⁴	2,87·10 ⁻⁴
10	1,66·10 ⁻²	5,79·10 ⁻³	3,18·10 ⁻³	1,35·10 ⁻³	7,46·10 ⁻⁴	3,81·10 ⁻⁴	3,02·10 ⁻⁴	2,74·10 ⁻⁴
18	1,42·10 ⁻²	5,39·10 ⁻³	2,53·10 ⁻³	8,64·10 ⁻⁴	4,24·10 ⁻⁴	1,89·10 ⁻⁴	1,24·10 ⁻⁴	1,20·10 ⁻⁴

Tabla III : Fracción de dispersión (a) a 1m para un campo de 400cm² en un maniquí de tamaño humano.

- radiación de fuga dispersada en la pared visible desde la puerta del laberinto (H_{LS}).
- radiación dispersa del paciente hacia la pared opuesta a la puerta del laberinto (H_{PS}).
- radiación de fuga transmitida a través de la pared interna del laberinto (H_{LT}).

Las contribuciones H_{WT} y H_S son posibilidades alternativas que encontramos según el anillo primario sea perpendicular al eje del laberinto o sea paralelo a éste respectivamente.

Para el cálculo de la radiación terciaria se usa la orientación más desfavorable del gantry en cada caso y después se aplica un factor de 2,64 que tiene en cuenta el resto de orientaciones y que es adecuado si se verifica que:

$$2 < d_{zz} / \sqrt{\text{Área máxima del laberinto} \cdot 0,6} \quad (11)$$

$$1 < (\text{altura laberinto}) / (\text{ancho laberinto}) < 2$$

Donde d_{zz} aparece reflejado en la figura 11.

Por tanto:

$$H_{\text{sum}} = 2,64 \cdot (H_{LS} + H_{LZ} + H_{PT} + H_{LT}) + H_{XS} \quad (12)$$

Donde H_{XS} = H_{WT} o H_S, según el anillo primario sea perpendicular o paralelo al laberinto.

Las diferentes componentes se calculan como:

Material	Energía (MV)	TVL1 (cm)	TVLe (cm)
Hormigón (d=2.35g/cm ³)	6	34	29
	15	36	33
	18	36	34

Tabla IV : Valores de TVL1 y TVLe para la radiación de fuga en función de la energía.

Radiación primaria dispersada en la barrera primaria

$$H_S = \frac{f \cdot W_{\text{pr}} \cdot U \cdot B \cdot \alpha_0 \cdot A_0 \cdot \alpha_z \cdot A_z}{(d_h \cdot d_r \cdot d_z)^2} \quad (13)$$

A₀ = Proyección del campo máximo en la barrera primaria (m²) (figura 9).

α₀ = Coeficiente de reflexión en la barrera primaria (A₀) para un ángulo de incidencia y reflexión dados (tabla V).

A_z = Proyección de A₀ sobre la pared exterior del laberinto (m²).

α_z = Coeficiente reflexión en la barrera secundaria (A_z) para un ángulo de incidencia y reflexión dados.

d_h = Distancia de la fuente al punto central de la superficie A₀ (m).

d_r = Distancia del punto central de la superficie A₀ al punto central del pasillo del laberinto (m) (figura 9).

d_z = Distancia del centro del pasillo a la puerta (m).

f = Fracción de radiación primaria que atraviesa al paciente (f=0,25 para 6MV y f=0.33 para 15MV).

Radiación primaria transmitida a través de la pared interior del laberinto

El cálculo de esta contribución no aparece en el NCRP 151, pero puede encontrarse en el Report N°. 47 de la

Internacional Atomic Energy Agency (IAEA) [7]

$$H_{WT} = \frac{W_{\text{pr}} \cdot U \cdot B \cdot \alpha_z \cdot A_z}{(d_p \cdot d'')^2} \quad (14)$$

A_p = Área del campo máximo proyectado a través de la pared interna del laberinto hasta la pared externa del mismo (figura 10) (m²).

d_p = Distancia de la fuente al punto medio de la superficie A_p (m).

d'' = Distancia del punto central de A_p a la puerta (m).

Radiación de fuga dispersada hacia la pared opuesta a la puerta del laberinto

$$H_{LZ} = \frac{10^{-5} \cdot W_{LZ} \cdot U \cdot \alpha_1 \cdot A_1}{(d_{LZ} \cdot d_{ZZ})^2} \quad (15)$$

A₁ = Área de incidencia de la radiación de fuga vista desde la puerta (m²) (figura 11).

α₁ = Coeficiente reflexión en la superficie (A₁) para un ángulo de incidencia y reflexión dados.

d_{LZ} = Distancia de la fuente al punto central de la superficie A₁ (m).

d_{ZZ} = Distancia del punto central de la superficie A₁ a la puerta (m).

Radiación dispersa del paciente hacia la pared opuesta a la puerta del laberinto

$$H_{PT} = \frac{a \cdot W_{\text{pr}} \cdot U \cdot \alpha_1 \cdot A_1 \cdot (F / 400)}{(d_{\text{sec}} \cdot d_{\text{pac}} \cdot d_{ZZ})^2} \quad (16)$$

d_{sec} = Distancia de la fuente al punto central de la superficie A₁ (m) (figura 11).

d_{sca} = Distancia de la fuente al paciente (m).



Radiación de fuga transmitida a través de la pared interna del laberinto

$$H_{LT} = \frac{10^{-3} \cdot W_L \cdot U \cdot B}{d_L^2} \quad (17)$$

d_L = Distancia de la fuente a la puerta a través de la pared del laberinto (m) (figura 11).

B = Factor de transmisión de la pared interna del laberinto a través de la línea fuente-pared del laberinto.

Radiación de fotones de captura neutrónica

$$H_{ca} = AW_L \cdot 10^{-16} \left[\frac{\beta Q_e}{4\pi d_1^2} + \frac{5,4\beta Q_e}{2\pi S_1} + \frac{1,3Q_e}{2\pi S_1} \right] \quad (18)$$

d_1 = Distancia del isocentro al punto medio del pasillo del búnker (m) (punto A figura 12) a través de la esquina interior de la pared interior del laberinto.

d_2 = Distancia del punto A a la puerta (m).

$k = 6,9 \cdot 10^{-16}$ Sv·m² (eficiencia de fotones de captura por unidad de fluencia de neutrones).

S_1 = Área total de las paredes del búnker (incluidos suelo y techo) (m²).

TVD = Distancia decimorreductora = Distancia en aire en la cual la fluencia de neutrones se reduce a su décima parte ($TVD=5,4$ m para aceleradores de energías de 18-25MV y $TVD = 3,9$ m para aceleradores con energía de 15MV).

Contribución de neutrones

Para el cálculo de la dosis debida a neutrones se plantean dos métodos. El método de Kersey y el de Mc Ginley. El método de Kersey suele dar valores más conservadores porque asume que la $TVD=5$ m mientras que el de Mc Ginley da valores más realistas y está indicado para laberintos con pasillos anchos, largos o superficie transversal no estándar. En cualquier caso se debe usar la contribución más conservadora de las dos.

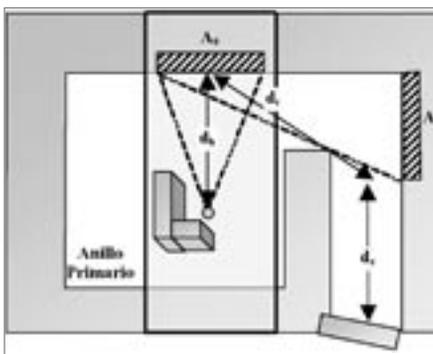


Figura 9: Esquema de los parámetros que intervienen en el cálculo de H_S .

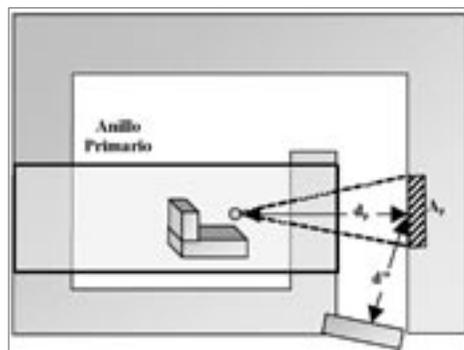


Figura 10: Esquema de los parámetros que intervienen en el cálculo de H_{WT} .

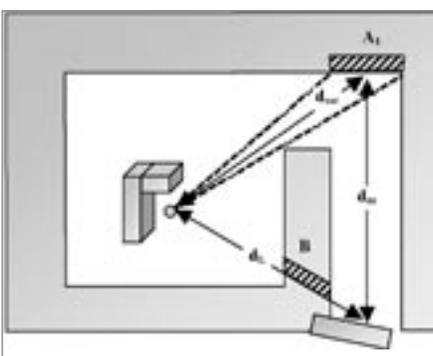


Figura 11: Esquema de los parámetros que intervienen en el cálculo de H_{LS} , H_{LT} y H_{PS} .

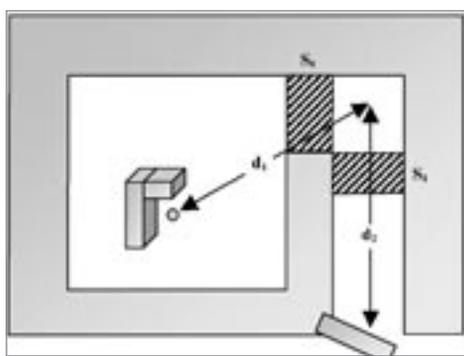


Figura 12: Esquema de los parámetros que intervienen en el cálculo de H_{og} y H_{nd} .

Método de Kersey

$$H_{a,D} = H_0 \left(\frac{S_0}{S_1} \right) \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2 10^{-\frac{d_2}{TVD}} \quad (19)$$

Método de Mc Ginley

$$H_{a,D} = 2,4 \cdot 10^{-13} W_L \sqrt{\frac{S_0}{S_1} \left[\frac{\beta Q_e}{4\pi d_1^2} + \frac{5,4\beta Q_e}{2\pi S_1} + \frac{1,3Q_e}{2\pi S_1} \right]} \left[1,64 \cdot 10^{-\left(\frac{d_2}{15}\right)} + 10^{-\left(\frac{d_2}{25\beta Q_e}\right)} \right] \quad (20)$$

S_0 = Área del acceso al laberinto (m²) (figura 12).

S_1 = Área transversal del laberinto (m²).

Diseño de la puerta

Una vez calculada la dosis equivalente en el punto de la puerta, diseñaremos ésta calculando los espesores para la contribución de fotones y neutrones por separado, de manera que cada tipo de radiación contribuya con la mitad del límite de dosis correspondiente a esa zona. Los valores para las capas decimorreductoras son 3-6 mm de plomo para la radiación dispersa, 61 mm de plomo para los fotones de captura neutrónica y 45 mm de polietileno borado (BPE) para los neutrones.

Los espesores calculados se distribuyen en 3 capas, una central de BPE y 2 externas de plomo que se reparten a la mitad el espesor total de plomo calculado.

En el NCRP Report 151 se proponen también soluciones alternativas para evitar el uso de puertas excesivamente pesadas que requieren motorización. Esas alternativas consisten en:

Ángulo de incidencia	Energía (MV)	Ángulo de reflexión				
		0°	30°	45°	60°	75°
0°	6	$5,3 \cdot 10^{-3}$	$5,2 \cdot 10^{-3}$	$4,7 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-3}$
	18	$3,4 \cdot 10^{-3}$	$3,4 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$
45°	6	$6,4 \cdot 10^{-3}$	$7,1 \cdot 10^{-3}$	$7,3 \cdot 10^{-3}$	$7,7 \cdot 10^{-3}$	$8,0 \cdot 10^{-3}$
	18	$4,5 \cdot 10^{-3}$	$4,6 \cdot 10^{-3}$	$4,6 \cdot 10^{-3}$	$4,3 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$

Tabla V : Coeficiente de reflexión para una barrera de hormigón en función del ángulo de incidencia, del ángulo de reflexión y de la energía del acelerador.

- Reducir la superficie de entrada interior desde la sala de tratamiento al laberinto.
- Añadir una puerta de bajo peso que contenga un absorbente de neutrones térmicos en la entrada interior del laberinto.
- Colocar una puerta con BPE a la entrada interior del laberinto.

En caso de optar por no utilizar un laberinto y colocar una puerta directa debe diseñarse con extrema precaución. Debe solaparse la puerta en las zonas laterales con las paredes del búnker, o blindar con plomo y BPE los laterales interiores del marco de la puerta.

CÁLCULO PARA UNA INSTALACIÓN MEDIANTE EL REPORT NCRP 151 Y LA NORMA DIN 6847-2

Método

Se ha realizado el cálculo de los blindajes necesarios para el búnker de un acelerador Siemens ONCOR siguiendo el formalismo de NCRP 151 y DIN 6847-2. En ambos casos se han tomado

los mismos valores para la carga de trabajo en el isocentro W, los factores de uso U y de ocupación T, así como para los límites par el diseño, $P = 0,120$ mSv/sem para trabajadores expuestos y $0,020$ mSv/sem para público.

La instalación está destinada a tratamientos convencionales e IMRT con energías de fotones de 6MV y 15MV. Se parte de la hipótesis de que sólo un 20% de los tratamientos serán IMRT. Para los cálculos supondremos, de forma conservadora, que todos los tratamientos se imparten a 15 MV. La estimación de la carga de trabajo en el cabezal se ha realizado utilizando un factor IMRT CI = 5.

Carga de trabajo en el isocentro:

$W = 500$ Gy/semana

Carga de trabajo en el cabezal:

$WL = 900$ Gy/semana

Nº máximo de pacientes/hora = 4

Nº medio de pacientes/hora = 3,125

Tasa de dosis máxima en isocentro:

$= 2,4$ Gy/h

Las figuras 13 y 14 muestran el plano de la instalación y un esquema de los edificios próximos. Los datos necesarios para el cálculo aparecen en la tabla VI.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos para los espesores de las barreras para el método de cálculo de la NCRP 151 y el de la norma DIN 6847 se presentan en la tabla VII. En el caso de la NCRP 151 los espesores de la barrera primaria en zonas de público se han calculado con el límite de $20 \mu\text{Sv}$ en cualquier hora.

Los valores obtenidos en ambos casos son, en general, bastante similares. En barrera primaria, la mayor diferencia observada es la correspondiente a la posición sobre el techo del búnker. El cálculo según NCRP da un espesor mucho más alto al aplicar el criterio de dosis máxima de $20 \mu\text{Sv}$ en cualquier hora. Para el resto de barreras primarias, la diferencia es inferior al 2%.

En las barreras secundarias las diferencias son mayores, debido fundamentalmente a dos razones:

- Para la radiación dispersa, NCRP asigna valores de TVL en función del ángulo de dispersión, que son superiores al valor único que da la DIN para esa radiación.
- Para la radiación de fuga, DIN asigna el mismo valor de TVL que para

PRIMARIA	SECUNDARIA		PUERTA DEL LABERINTO		
$d_{pri}(P1)=8,4\text{m}$	$d_{sec}(P6)=8,8\text{m}$	$d_{sec}(P12)=12,8\text{m}$	$d_0=7,1\text{m}$	$d_{zz}=3\text{m}$	$S_0=5,5\text{m}^2$
$d_{pri}(P2)=7,5\text{m}$	$d_{sec}(P7)=5,3\text{m}$	$d_{sec}(P13)=5,5\text{m}$	$d'=10,7\text{m}$	$d_p=7,1\text{m}$	$S_1=4,9\text{m}^2$
$d_{pri}(P3)=5,3\text{m}$	$d_{sec}(P8)=7,3\text{m}$	$d_{sec}(P14)=10\text{m}$	$d_1=6\text{m}$	$d_{sec}=6,8\text{m}$	$S_r=197\text{m}^2$
$d_{pri}(P4)=23\text{m}$	$d_{sec}(P9)=4,8\text{m}$	$d_{sec}(P15)=16,2\text{m}$	$d_2=13,3\text{m}$	$\alpha 1(H_{LS}) \rightarrow 30^\circ$	$A_p=16,4\text{m}^2$
$d_{pri}(P5)=30\text{m}$	$d_{sec}(P10)=6\text{m}$	$d_{sec}(P16)=20,3\text{m}$	$d_{LS}=7,5\text{m}$	$\alpha 1(H_{LS}) \rightarrow 45^\circ$	$A_1=2,6\text{m}^2$
	$d_{sec}(P11)=10,8\text{m}$		$d_l=9,5\text{m}$	$\alpha p \rightarrow 30^\circ$	

Tabla VI : Datos utilizados para el cálculo de blindajes de la instalación mostrada en las figuras 12 y 13.



Figura 13: Proyección en planta de la instalación con los puntos de cálculo señalizados.

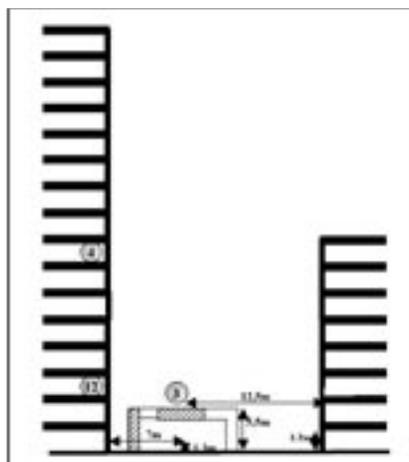


Figura 14: Proyección en alzado de la instalación con los puntos de cálculo señalizados.

primaria, mientras que NCRP da valores específicos para la TVL, más bajos que los de DIN.

Concretamente, en la posición P7 (figura 14), predomina la radiación de fuga, razón por la cual la diferencia de espesores entre los dos métodos es del 36 %, más alta la de DIN. Sin embargo, en la posición P10, el espesor calculado por NCRP es un 22% superior al de DIN debido a la radiación dispersa en ángulo pequeño.

En cuanto a la puerta, aplicando NCRP 151 no es preciso blindar frente a fotones ni a neutrones, aún con la ecuaciones más conservadoras. Con

Punto del Plano	Estancia Contigua Denominación	NCRP 151	DIN 6847
P1	Calle	145	142
P2	Sala de Co-60	150	152
P3	Techo	161	100
P4	Habitaciones Planta 5ª	170	173
P5	Calle	51	47
P6	Calle	66	68
P7	Despacho	100	136
P8	Sala de ALE Primus	66	60
P9	Sala de ALE Primus	60	56
P10	Sala de ALE KD2	58	45
P11	Control del ALE Oncor	68	62
P12	Habitaciones Planta 0	100	106

Tabla VII : Espesores en hormigón ($d=2,35g/cm^3$) en cm para las barreras de la instalación de las figs 12 y 13 calculadas según el método propuesto en la NCRP 151 y DIN 6847-2.

la norma DIN, se obtendría un espesor de 0,2 cm de BPE para neutrones.

CONCLUSIONES

El método de cálculo introducido por el Report N°. 151 de la NCRP tiene una filosofía eminentemente práctica y da cobertura a aspectos tales como la IMRT y otras técnicas especiales, al diseño de detalles estructurales como los conductos, al diseño de la puerta, a radiación dispersada por la atmósfera, etc. La utilización del documento de la NCRP se revela como una alternativa completa y eficaz para el cálculo de blindajes en instalaciones de radioterapia. Los resultados obtenidos mediante la norma DIN 6847, si bien presentan diferencias notables en el método de cálculo, son similares a los obtenidos con este documento, y tan sólo se hacen apreciables cuando tenemos en cuenta el límite máximo de dosis en cualquier hora introducido por la NCRP N°. 151 si la zona es de bajo factor de ocupación, o en aquellas barreras a las que llega radiación dispersada con un ángulo pequeño.

REFERENCIAS

- [1] NCRP Report N°. 151. Structural shielding design and evaluation for megavoltage X- and gamma-ray radiotherapy facilities. EEUU. Bethesda: National Council on Radiation Protection and Measurement, 2006.
- [2] NCRP Report N°. 49. Structural shielding design and evaluation for medical use of X rays and gamma rays of energies up to 10MeV. EEUU. Bethesda: National Council on Radiation Protection and Measurement, 1976.
- [3] DIN-6847, Aceleradores de electrones de uso médico; Parte 2: Normas de protección radiológica para la instalación, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., 1977.
- [4] ICRP Publication 60. 1990 Recommendation of the International Commission on Radiological protection. 1991.
- [5] IEC 60601-2-1-AM1, Amendment 1. Medical electrical equipment- Part 2-1: Particular requirements for the safety of electron accelerators in the range 1 MeV to 50 MeV. Geneva: International Electrotechnical Commission, 2002.
- [6] Robinson D, Scrimger JW, Field GC, Fallone BG. Shielding considerations for tomotherapy. Med Phys 27:2380-2384; 2000.
- [7] <http://www.cksociety.org/>
- [8] NCRP Report No. 51. Radiation protection design guidelines for 0.1-100MeV Particle Accelerator Facilities. EEUU. Bethesda: National Council on Radiation Protection and Measurement, 1977.
- [9] IAEA Safety Reports Series No. 47. Radiation Protection in the design of radiotherapy facilities. Vienna 2006.

La detección de materiales radiactivos en chatarras. La experiencia de ENRESA

T. Ortiz
ENRESA

RESUMEN

Durante los últimos 9 años se han detectado varios materiales con contenido radiactivo en las recuperadoras de metales e instalaciones siderúrgicas españolas. La detección de estos materiales es el resultado de un programa global que se denomina "Protocolo español de colaboración sobre la vigilancia radiológica de los materiales metálicos". El objeto de este programa es la realización de controles en los materiales metálicos que entran en las instalaciones y de los productos finales que producen. Este programa ha sido ampliamente implantado en España después del incidente de fusión de una fuente de Cs-137 en una instalación. El Protocolo se complementa con una Resolución publicada por la Dirección General de la Energía (febrero 2000) que establece los niveles de actividad para clasificar los materiales radiactivos detectados como residuos radiactivos. La tarea de la empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA) es retirar y gestionar en instalaciones adecuadas, los materiales clasificados como residuos radiactivos. En este artículo se describen las actividades realizadas por ENRESA durante estos 9 años, junto con la descripción de los materiales detectados, sus propiedades radiológicas (isótopo, actividad y tasa de dosis), sus características físicas y su gestión final.

INTRODUCCIÓN

A pesar de que el uso de los materiales radiactivos ha sido sometido a estrictos controles, en la mayoría de los países, desde el principio, en los últimos años se han detectado diversos materiales con contenido radiactivo en las chatarras habiéndose producido varios incidentes. Por este motivo han surgido una serie de iniciativas, tanto a nivel nacional como internacional, para controlar la posible presencia de mate-

riales radiactivos en la chatarra. [1] [2]. [3]. Aunque no existe una legislación internacional en esta materia en el año 2002 se publicó una recomendación de la Unión Europea sobre la vigilancia y control de los materiales radiactivos en el reciclaje de los materiales metálicos [4].

En España la industria del hierro y del acero es uno de los sectores más importantes y la importación de chatarras como materia prima es muy significativa, por lo que ha sido necesario establecer

ABSTRACT

Throughout the last nine years several materials with radioactive content have been detected in Spanish metal scrap yards as well as steel melting installations. The detection of these materials is the result of a global programme called "Spanish Protocol for Collaboration on Radiation Monitoring of Metallic Materials". The object of this programme is to perform radiological controls on initial metallic materials and final products in order to detect the presence of radioactive materials. This programme has been widely implemented in Spain after the incident with a Cs-137 source in a melting facility. The Protocol is complemented by a Transfer Authorisation published by the Ministry of Industry (February 2000) which establishes radioactivity levels for classifying the detected radioactive materials as radioactive waste. The task of the Spanish National Company for Radioactive Waste Management (ENRESA) is to recover and dispose in suitable installations the detected materials classified as radioactive waste. In this article are described the activities carried out by ENRESA during the last nine years, together with a description of the materials involved, their radiological properties (isotopic composition, activity and dose rate), their physical characteristics, and their final management.

un programa de control radiológico de estas chatarras para evitar incidentes en las instalaciones de la industria del metal. Este sistema establecido en España se puede considerar como pionero y avanzado dentro de la Unión Europea.

Por otra parte, después del incidente de fusión de una fuente de Cs-137 en una acería de Los Barrios (Cádiz), en mayo de 1998 se extendió el uso de pórticos detectores. Estos pórticos se usan para prevenir la entrada de fuentes



radiactivas o materiales contaminados en las acerías, fundiciones o depósitos donde se reciclen materiales metálicos. La utilización de estos equipos está orientada a evitar que el material radiactivo llegue al proceso por lo que se utilizan a la entrada de este tipo de instalaciones. Estos equipos son similares a los que se utilizan en otros sectores para evitar la entrada de material radiactivo ilícito, como puede ser en las fronteras [5].

Cuando se produce una alarma es necesario realizar un trabajo de investigación para determinar si se trata de una falsa alarma o no, y si se confirma la presencia de material radiactivo para localizarlo y segregarlo en condiciones de seguridad. Después debe buscarse la mejor forma de gestión del material radiactivo, bien por devolución al suministrador, bien a través de ENRESA.

Inicialmente cuando se producía una de estas alarmas se provocaba una situación de inquietud, entre otros motivos, porque no estaba bien definida la forma de actuar. Con objeto de clarificar esta situación se preparó un protocolo que establece un sistema nacional para prevenir los riesgos derivados de la presencia de material radiactivo en la chatarra y en sus productos derivados [6].

PROTOCOLO DE COLABORACIÓN SOBRE LA VIGILANCIA RADIOLÓGICA DE LOS MATERIALES METÁLICOS

El protocolo de colaboración sobre la vigilancia radiológica de los materiales metálicos (en adelante Protocolo) fue firmado el 2 noviembre de 1999. Los firmantes del mismo fueron el Ministerio de Industria y Energía (MINER), el Ministerio de Fomento, el Consejo de

Seguridad Nuclear (CSN), ENRESA, la Unión de Empresas Siderúrgicas (UNESID) y la Federación Española de Recuperación (FER). Posteriormente, a la vista de la importancia que tiene, para los trabajadores de la industria del metal, la correcta vigilancia radiológica de los materiales metálicos, los sindicatos, Federación Minerometalúrgica de Comisiones Obreras (CC. OO) y la Federación Estatal del Metal, Construcción y Afines de la Unión General de Trabajadores (UGT) se adherieron al Protocolo. Más recientemente otras asociaciones de la industria del metal, como la Asociación Española de Refinadores de Aluminio (ASERAL), la Unión Nacional de Industrias del Cobre (UNICOBRE), la Unión de Industrias del Plomo y últimamente, la Federación Española de las Asociaciones de Fundidores (FEAF), se han adherido al Protocolo.

El objeto del Protocolo es establecer los requisitos para la vigilancia radiológica de los materiales metálicos y de los productos resultantes, con el objetivo final de detectar la presencia de materiales radiactivos y así, evitar el riesgo de que se puedan dispersar y como consecuencia puedan quedar expuestos a la radiación o contaminación el público, las propiedades y el medio ambiente en general.

El Protocolo incluye un anexo técnico en el que se establecen las condiciones para llevar a cabo la vigilancia radiológica de los materiales metálicos y productos derivados y las actuaciones que deben realizarse cuando se detecten.

El funcionamiento del Protocolo se basa en la existencia de un registro de instalaciones que suscriben el mismo, de manera voluntaria, y que se comprometen a realizar una serie de actividades. En el momento actual hay

inscritas 123 instalaciones, 26 siderúrgicas, 92 empresas del sector de la recuperación de metales y 5 fundidores. Las empresas que se adhieren deben facilitar la siguiente información:

- Nombre de la empresa que se adhiere.
- Descripción de la instalación.
- Descripción del sistema de vigilancia y control.
- Persona responsable de la vigilancia radiológica en la instalación.
- Declaración de aceptación del Protocolo.

Las empresas que se adhieren al Protocolo tienen las siguientes responsabilidades:

- Instalar un sistema de vigilancia radiológica que permita detectar la presencia de radiactividad en las chatarras antes de que entren en la instalación.
- Exigir un certificado de ausencia de material radiactivo antes de aceptar un cargamento que venga del extranjero.
- Controlar radiológicamente, con los equipos adecuados, los productos resultantes y los subproductos generados en el proceso.
- Informar al CSN de todas las alarmas que se produzcan.
- Firmar un contrato con ENRESA para la gestión final de los materiales radiactivos detectados y clasificados como residuos radiactivos.

Las actuaciones previstas en el Protocolo dependen de si el material radiactivo se encuentra en un cargamento que llegue a la instalación o en los productos obtenidos después del proceso.

En el primer caso las actuaciones comienzan con la medida de la radiación que emite el vehículo que lleva la carga, en general se utilizan

pórticos automáticos que miden todos los vehículos que entran en la instalación (figura 1). Si la instalación maneja pequeñas cantidades de chatarra se pueden utilizar equipos manuales. Una vez que se ha confirmado la alarma, las actuaciones a realizar son: la inmovilización del cargamento; la inspección del mismo por personal especializado, bien de la propia instalación bien de una Unidad Técnica de Protección Radiológica (UTPR); informar al CSN para la transferencia del material radiactivo a ENRESA y custodiarlo hasta su retirada. En aquellos casos en que se midan valores por encima de 50 $\mu\text{Sv/h}$ las actuaciones deben hacerse de manera inmediata y se deben acotar las zonas que superen 1 $\mu\text{Sv/h}$.

En el segundo caso deben analizarse los productos resultantes y si los valores obtenidos son superiores a los de exención, hay que detener la producción y requerir la actuación de una UTPR autorizada, además de comunicar la situación al CSN. En este caso la empresa debe también preparar un plan de actuación para recuperar la planta que debe enviar al CSN para su apreciación favorable. ENRESA se ocupa de asesorar a la empresa en la generación de los residuos radiactivos, de modo que se acondicionen y caractericen de manera adecuada y, finalmente, proceda a la retirada de los mismos.

El Protocolo va acompañado de una Resolución de 18 de febrero de 2000 [7] por la que se autoriza la transferencia a ENRESA del material radiactivo que se detecte en la chatarra o en los productos resultantes.

En esta resolución se establecen niveles de referencia de investigación y de actuación. Los niveles de investigación aplican a los sistemas de vigilancia de la radiación. Para los pórticos automá-

ticos se establece en el fondo más tres desviaciones típicas y para los métodos manuales en 0,3 $\mu\text{Sv/h}$ medidos en contacto con la superficie del transporte. Para los productos resultantes del proceso el nivel de investigación se fija en una fracción de los niveles de desclasificación.

Los niveles de actuación están asociados a la gestión final de los materiales detectados con contenido de actividad. Los materiales que superen dichos niveles de actuación deben ser transferidos a ENRESA para su gestión como residuo radiactivo salvo que:

— Sean materiales cuya gestión convencional haya sido autorizada por Resolución de la Dirección General de la Energía.

— El CSN declara explícitamente que dicho material está exento de la legislación aplicable.

Los materiales no transferidos a ENRESA pueden ser procesados en la instalación sin ningún control radiológico específico posterior.

Los valores incluidos en esta Resolución son los del documento de la Unión Europea sobre reciclado de chatarras metálicas procedentes del desmantelamiento de instalaciones nucleares [8]. Estos valores plantean problemas para los isótopos naturales. Estos se presentan en concentraciones superiores a los valores establecidos (1 Bq/g) en materiales procedentes de diferentes tipos de industrias convencionales (extracción de petróleo, fabricación de fertilizantes, etc.). En estos casos los volúmenes a gestionar son mucho más pequeños y podrían ser integrados en el proceso sin ninguna significación radiológica. Este es uno de los casos en el que el CSN debe manifestarse para poder procesar los productos.

ACTUACIONES DE ENRESA

La UTPR de ENRESA ha participado en 242 actuaciones en diversas empresas siderúrgicas y centros de recuperación de metales, a lo largo de los 9 años transcurridos desde el incidente de la acería de Los Barrios.

Las actuaciones de la UTPR se puede clasificar en dos tipos: inmediatas y planificadas.

Las actuaciones inmediatas son aquellas llevadas a cabo con una cierta urgencia y están orientadas a la localización, segregación y aislamiento del material. Asimismo en algunos casos han incluido la retirada sin retraso del material radiactivo localizado. De este mismo tipo son las actuaciones que ha realizado la UTPR de ENRESA, a requerimiento del CSN, cuando se ha producido un incidente con dispersión de material radiactivo en alguna instalación.

Las actuaciones planificadas se han llevado a cabo, en general, como consecuencia de la recepción en ENRESA de la transferencia del material enviada por el CSN y se han realizado visitando varias instalaciones situadas en zonas próximas. En estas actuaciones se ha identificado y caracterizado el material existente emitiéndose el correspondiente informe. Sólo en algunos casos se ha procedido a la retirada inmediata del material, en otros se ha retirado de una manera planificada o se ha dejado en espera de que se adopte una decisión sobre su gestión. Dado que en las actuaciones realizadas en el pasado no existía la Resolución de Transferencia fue necesario que cada instalación pidiera una Resolución para que el material pudiera ser retirado por ENRESA.

La UTPR de ENRESA ha realizado 8 actuaciones inmediatas, en 3 fundicio-



Figura 1: Pórtico detector a la entrada de una empresa siderúrgica.

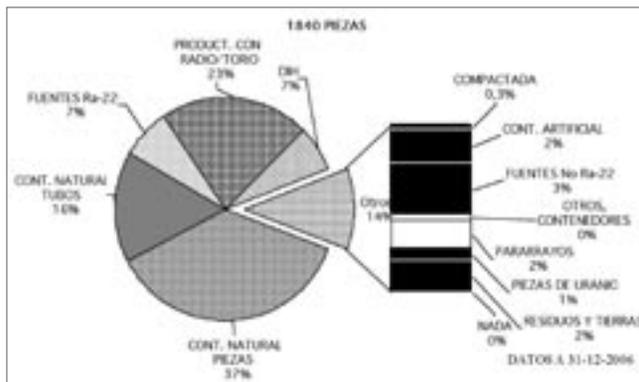


Figura 2: Porcentaje de materiales revisados en las actuaciones de ENRESA.

nes y en 3 recuperadoras. El material localizado fue: 3 fuentes de Ra-226 del orden de los kBq; 4 fuentes de Cs-137, sin blindaje, de actividades del orden de algunos GBq; un cabezal y una fuente de pararrayos y 2 piezas de un blindaje de uranio empobrecido. En una de las actuaciones no se localizó ningún material radiactivo. Todo este material fue retirado por ENRESA de una manera inmediata en cinco ocasiones y de manera planificada en otras dos.

Respecto de las actuaciones realizadas en los incidentes ocurridos, se ha participado en todos ellos (5 actuaciones), colaborando con el CSN en la caracterización radiológica inicial de la instalación después del incidente

y en la revisión del acondicionamiento y caracterización de los residuos radiactivos generados, así como en el control radiológico de su retirada, si bien estas actuaciones, relacionadas con la gestión de los residuos radiactivos generados, se consideran como planificadas.

Las actuaciones planificadas se han desarrollado en diferentes áreas geográficas, cubriéndose prácticamente todo el territorio nacional. En total se han hecho 229 visitas en 49 instalaciones (24 acerías y 25 recuperadoras de metales). En algunas de estas instalaciones había actuado una UTPR en la segregación y aislamiento del material, aunque en otras era el propio personal de la instalación el que había realiza-

do esta tarea. Adicionalmente ENRESA ha realizado 168 retiradas y transportes del material radiactivo detectado en 44 instalaciones. Debe indicarse que en 5 instalaciones nunca se ha retirado ningún material por tratarse de piezas contaminadas con radio natural (Naturally Occurring Radioactive Materials o NORM) que podían ser incorporadas al proceso o por no tratarse de material radiactivo. La distribución anual de las actuaciones realizadas se recoge en la tabla I.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES DETECTADOS

Durante estos años se han revisado 1645 piezas y 195 fuentes de diferente

Año	Tipo de actividad	
	Retiradas	Actuaciones
1998	3	1
1999	18	11
2000	14	15
2001	10	8
2002	24	14
2003	33	25
2004	49	29
2005	45	30
2006	46	35

Tabla I: Actividades realizadas por ENRESA.

Año	Tipo de fuente	
	Ra-226	Otras
1998	3	0
1999	4	4
2000	22	5
2001	7	1
2002	20	8
2003	5	6
2004	33	15
2005	7	6
2006	31	18

Tabla II: Fuentes detectadas por año.

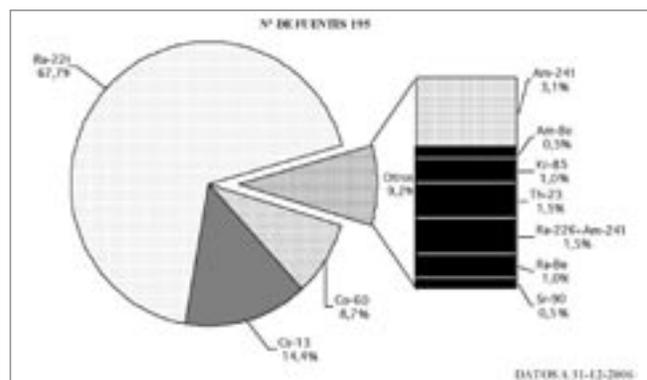


Figura 3: Distribución de isótopos.

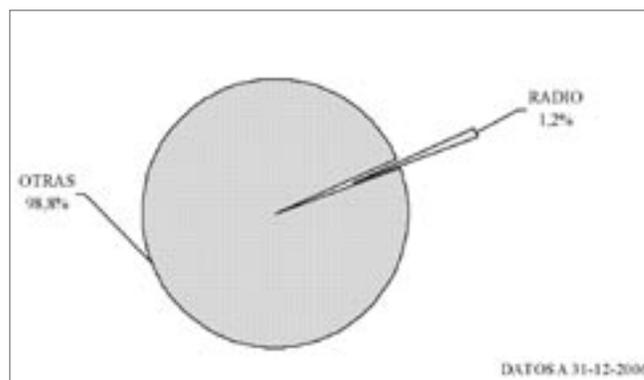


Figura 4: Distribución actividad de las fuentes detectadas.

actividad. La mayoría de las piezas estaban contaminadas con NORM y podían ser incorporadas al proceso. En la figura 2 se recoge la distribución de los materiales detectados. Las características de estos materiales se describen a continuación.

— Fuentes radiactivas: la actividad de la mayoría de estas fuentes (46%) es baja (<1 MBq) y el isótopo más habitual es el Ra-226 (68%), procedente de aplicaciones industriales del pasado. Las fuentes de mayor actividad son, en general, de Co-60 y Cs-137, siendo éstas las que se detectan con mayor frecuencia (14%). También se han detectado otros isótopos como

Am-241, Am/Be, Ra/Be, Sr-90 y Kr-85. La actividad de estas fuentes que no son de Ra-226 representa el 98,8% de la actividad manejada. En la figura 3 se muestra la distribución de las fuentes detectadas y en la figura 4 la distribución de actividad. El número de fuentes detectado por año se recoge en la tabla II.

Las características radiológicas de estas fuentes se recogen en la tabla III. Como se puede ver el rango de actividad es muy variable, pero debe indicarse que en el caso de las fuentes de Ra-226 la mayoría (64%) presentan una actividad inferior a 1 MBq y sólo un 5% supera los 37 MBq. Por el

contrario, las fuentes de Am-241 y neutrónicas detectadas superan en todos los casos los 37 MBq. Por otra parte la mayoría de las fuentes de Cs-137 y Sr-90 superan los 37 MBq (79% y 67% de los casos), superando incluso el 50 % de las fuentes de Cs-137 detectadas 1 GBq. Las fuentes de Co-60 se presentan más decaídas, superando 1 GBq el 30% de ellas, mientras que el 53% tienen actividades inferiores a 37 MBq.

Respecto de las tasas de dosis debe indicarse que los valores más altos corresponden a fuentes sin blindaje, mientras que los más bajos pueden corresponder a fuentes de actividad elevada pero que se han detectado dentro de su equipo con la ventana cerrada. En la figura 5 se muestra una fuente en su equipo y en la figura 6 una fuente sin blindaje.

Todas las fuentes detectadas, excepto dos, han sido retiradas por ENRESA. Las dos no retiradas corresponden a una fuente de Am/Be que fue reexportada por el titular, con el apoyo de ENRESA y otra, de Kr-85, que fue venteadada por la UTPR de ENRESA en la propia instalación.

— Productos de consumo: la mayoría de los productos de consumo detectados son dispositivos con pintura lumino-

Isótopo	Número	Actividad (MBq)		Tasa de dosis (mSv/h)	
		Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
Am-241	6	9,2 E1	3,7 E3	0.6	9
Am-241/Be	1	-	2,6 E3	-	0.4
Co-60	17	3,4 E-1	1,1 E4	0.04	45
Cs-137	28	1,7 E-1	6,5 E3	0.05	1300
Kr-85	2	1,8 E3	3,7 E3	-	0.05
Sr-90	3	1,9 E1	5,5 E2	0,1	148
Ra-226	132	3,9 E-2	5,1 E2	0.6	200
Ra-226/Be	1	-	1,1 E2	-	35
Th-232	3	-	9,5 E-3	0,004	0,004

Tabla III: Características radiológicas de las fuentes detectadas.



Figura 5: Equipo con fuente de Cs-137 (6,4 GBq).



Figura 6: Fuente de Co-60 sin blindaje (1,9 MBq).

sa con Ra-226, procedente de paneles de mando de vehículos, aviones, barcos, etc., pararrayos con fuentes radiactivas, detectores de humo (con Ra-226), componentes electrónicos conteniendo Ra-226, aleaciones con Th-232, lentes con Th-232, etc. A excepción de los pararrayos, que pueden tener actividades hasta de 37 MBq, las actividades de los otros productos son pequeñas. Asimismo las tasas de dosis medidas en contacto oscilan entre 1 y 200 $\mu\text{Sv/h}$ pudiendo ser del orden de los mSv/h, en el caso de los pararrayos de Ra-226. En total se han detectado 565 piezas de este tipo en el período analizado que corresponden al 31% del total. En las figuras 7 y 8 se muestran algunos de estos objetos.

— Piezas, conteniendo uranio empobrecido, utilizadas como blindajes o como contrapesos. En total se han detectado 15 piezas de este tipo. Las tasas de dosis de este tipo de piezas varía entre 10 y 50 $\mu\text{Sv/h}$.

— Chatarras metálicas contaminadas con material radiactivo: la mayoría de las piezas están contaminadas con material radiactivo natural (NORM) fundamentalmente Ra-226, aunque en ocasiones se detecta la presencia de Th-232. En la figura 9 se presentan algunas de estas chatarras. La concentración de actividad del material radiactivo varía, en general, entre 0,1 y 50 Bq/g, lo que lleva a una concentración de actividad en las piezas inferior a 1 Bq/g, por lo que pueden incorporarse al proceso.

Las tasas de dosis medidas en estas piezas son del orden del fondo y hasta unos pocos $\mu\text{Sv/h}$. En algunos casos se han detectado piezas con concentraciones más altas, hasta las centenas de Bq/g, en estos casos, siempre que sea posible, se separa el material terroso del metálico, de forma que se retira este en bolsas y las pieza metálica limpia se incorpora al proceso. En estos casos las tasas de dosis son de algunas decenas de $\mu\text{Sv/h}$. En total se han caracterizado más de 900 piezas de estas características que suponen el 53% de las piezas revisadas y se han retirado 185 (19%), preparándose el informe de incorporación al proceso de las restantes (81%). Adicionalmente se han detectado algunas piezas contaminadas con isótopos



Figura 7: Lente con Th-232.

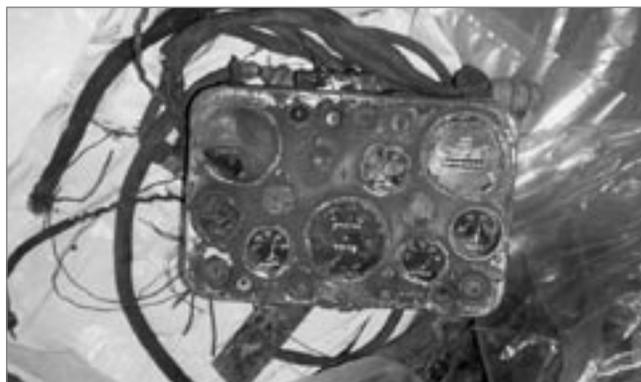


Figura 8: Panel con indicadores con pintura luminosa con Ra-226.



Figura 9: – Chatarras contaminadas con radio natural (NORM).

artificiales fundamentalmente Cs-137 y Co-60, en este último caso, por las características radiológicas de las piezas se supone que se trata de piezas que fueron fabricadas con acero contaminado por una fusión accidental anterior.

— Piezas conteniendo material radiactivo natural como ladrillos, refractarios, hormigón con alto contenido en radio, etc. y materiales residuales (tierras, lodos, etc). En general estos materiales no se retiran porque están en las concentraciones habituales en la naturaleza y presentan unas tasas de dosis muy bajas, del orden del fondo.

CONCLUSIONES

— El control radiológico de los materiales metálicos requiere la existencia de un programa que defina las responsabilidades de todas las partes involucradas y que defina unos mecanismos automáticos de actuación. El Protocolo y la Resolución de Transferencia cumplen estos objetivos.

— La UTPR de ENRESA puede participar en las actuaciones inmediatas o en las planificadas, para identificar, caracterizar y acondicionar el material radiactivo, dentro de sus actividades habituales para la retirada de residuos radiactivos. Asimismo caracteriza los materiales que pueden ser incorporados al proceso o gestionados de manera convencional.

— El número de actuaciones realizadas por año no es muy elevado aunque se ha observado un pequeño incremento en los últimos 3 años, realizando del orden de 45 actuaciones anuales. La incorporación, más tardía, al Protocolo de las empresas del sector de la recuperación ha colaborado a este incremento.

— Aunque, desde el punto de vista radiológico, las fuentes son las que presentan un mayor riesgo potencial, no son éstos los materiales más detectados. La mayoría de los materiales son piezas contaminadas con NORM y productos de consumo.

— La tarea de identificación, segregación y caracterización de los materiales radiactivos detectados, para decidir su mejor gestión final, es una tarea que requiere un alto nivel profesional y una considerable experiencia.

— Sería conveniente que se establecieran unos valores de desclasificación específicos para las piezas contaminadas con NORM, que tuviera en cuenta las pequeñas cantidades que se manejan y que permitieran la incorporación a proceso de piezas con concentraciones de Ra-226 por encima de 1 Bq/g.

REFERENCIAS

- [1]. "Recommendations on Monitoring and Response Procedures for Radioactive Scrap Metal." United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). 2006.
- [2]. "Report on the Improvement of the Management of Radiation Protection Aspects in the Recycling of Metal Scrap". United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). 2006.
- [3]. "Managing Potentially Radioactive Scrap Metal." NCRP Report no 141. 2002.
- [4]. Council Resolution on the establishment of national systems for surveillance and control of the presence of radioactive materials in the recycling of metallic materials in the Member States. C119, 22/5/2002.
- [5]. "Technical and functional specifications for border monitoring equipment." OIEA. Saucury Series no 1- 2006.
- [6]. Protocolo de colaboración sobre la vigilancia radiológica de los materiales metálicos (Noviembre 1999, Revisado el 2/11/1999).
- [7]. Resolución de la Dirección General de la Energía de 18 de febrero de 2000 por la que se autoriza la transferencia a ENRESA del material radiactivo que se detecte en la chatarra o en su procesado.
- [8]. "Recommended radiological protection criteria for the recycling of metals from the dismantling of nuclear installations". Radiation Protection -89. UE (1998).

Informe sobre las actividades del CSN

El Boletín Oficial del Congreso de los Diputados ha publicado el 16 de enero las resoluciones aprobadas por la Comisión de Industria, Turismo y Comercio, correspondientes al Informe elaborado por la Ponencia Especial encargada de estudiar los Informes Anuales de las actividades realizadas por el Consejo de Seguridad Nuclear. En concreto, el informe del CSN que se ha valorado corresponde al ejercicio 2006 (este documento se puede consultar en la página web de la SEPR).

Entre otros aspectos, el Congreso insta al CSN para que implante medidas preventivas que mejoren la calidad de las actuaciones de las UTPR en el ámbito de las instalaciones radiactivas y en las de radiodiagnóstico médico; así como para que impulse el establecimiento de nuevos foros de enlace con sectores de instalaciones radiactivas y empresas de servicios.

En relación con estos aspectos, la SEPR ya inició nuevas líneas de trabajo el pasado año, creando grupos de trabajo en el sector de Radiografía Industrial y en el ámbito de las UTPR (ver Radioprotección nº 54). En el primer caso, se constituyó un foro con el CSN. Así mismo, está en curso la constitución del Foro de las UTPR con el CSN. Con la creación de estos foros, la SEPR está contribuyendo a que se realicen algunas de las tareas encomendadas por el Congreso al Consejo de Seguridad Nuclear.

Estos Foros constituyen puntos de encuentro y coordinación, que tienen por objeto avanzar con criterios profesionales en los temas técnicos de interés común en materia de Protección Radiológica, tanto en el sector de la Radiografía Industrial, como en el ámbito de las UTPR. La creación de estos foros facilitará el diálogo entre profesionales de los sectores indicados, permitiendo compartir experiencias, explorando los medios y formas de implantación de mejoras en los procedimientos y prácticas de trabajo; así como promoviendo o participando en proyectos e iniciativas relacionadas con la Protección Radiológica en los ámbitos de actuación de las instalaciones indicadas. En resumen, se fomentará la mejora continua de la Seguridad y Protección Radiológica en las instalaciones en las que las UTPR prestan sus servicios.

Comité de redacción

El CSN y la Generalitat de Cataluña firman un convenio en materia de Emergencias Radiológicas

La presidenta del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), Carmen Martínez Ten, y el consejero de Interior, Relaciones Institucionales y Participación de la Generalitat de Cataluña, Joan Saura, han suscrito un convenio de colaboración en materia de planificación, preparación y respuesta en situaciones de emergencia radiológica.

La firma de este acuerdo, que hace referencia a la normativa aplicable en materia de protección civil ante riesgos de tipo radiológico, supone un avance importante en la colaboración de ambas instituciones, formalizando de este modo el asesoramiento y apoyo que el CSN venía prestando a la Dirección General de Protección Civil de la Generalitat de Cataluña.

Además de compartir sus respectivos conocimientos y experiencia, el acuerdo establece que ambos organismos cooperarán al máximo en la puesta en común de toda la información que se genere durante una eventual emergencia, tanto para poder gestionarla como para informar debidamente al público.

Asimismo, el CSN y la Generalitat actuarán conjuntamente en simulacros y estudios con el objetivo de mejorar los planes de emergencia de la Generalitat de Cataluña.

Comité de redacción

Campaña de búsqueda y recuperación de fuentes radiactivas

Continúa en marcha la campaña iniciada en 2007 de búsqueda y recuperación de "fuentes radiactivas huérfanas" por parte de la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA), con la supervisión y control del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (MITYC), bajo el asesoramiento del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), tal y como se recoge en el Real Decreto 229/2006, sobre el control de fuentes radiactivas encapsuladas de alta actividad y fuentes huérfanas (BOE 28-2-06).

Para el desarrollo de esta campaña se requiere la colaboración de las diversas administraciones, así como de Entidades, Asocia-

• ciones Científicas y Profesionales y Organismos Públicos y Privados, apoyando la difusión de la campaña y aportando la información que pueda ser de utilidad para el éxito de esta iniciativa.

• Una "fuente radiactiva huérfana" es aquella que se encuentra fuera del control reglamentario establecido para este tipo de materiales, bien porque nunca ha estado sometida a dicho control o bien porque, por cualquier motivo, dicho control se ha perdido.

• La experiencia ha demostrado que, aún existiendo un marco normativo adecuado y una actuación eficiente de las autoridades de control, como es el caso de nuestro país, puede darse la existencia de fuentes radiactivas de este tipo, como consecuencia, principalmente, de actividades llevadas a cabo en el pasado, generalmente en el ámbito de aplicaciones médicas, de investigación o industriales.

• Mas información en la Web de ENRESA: www.enresa.es

Comité de redacción

El OIEA otorga al CSN unos "excelentes resultados" en el primer examen global IRRS efectuado a nivel mundial

• El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) ha pasado el examen "Integrated Regulatory Review Service" (IRRS) que el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) realiza por primera vez con un alcance integral, incluyendo los aspectos de seguridad física a un órgano regulador de la seguridad nuclear y la protección radiológica en el mundo.

• Esta revisión global, que ha incluido un análisis completo, exhaustivo y pormenorizado, ha concluido con un amplio respaldo al sistema regulador español y con un reconocimiento unánime a la profesionalidad de todo el personal implicado. Así mismo, los expertos han comprobado el alto grado de compromiso del CSN tanto en materia de seguridad nuclear, protección radiológica y seguridad física, como en el ámbito de la transparencia, poniendo a disposición de los ciudadanos toda la información. También han señalado que el CSN trabaja con independencia en la toma de decisiones.

• Ulrich Schmocker, máximo responsable del organismo regulador suizo y jefe de la misión, ha destacado que "los resultados son excelentes, reflejo de la sobresaliente labor

que realiza el organismo”, y ha subrayado el cambio radical efectuado hacia un modelo de inspección integral, lo que explica “el bajo número de recomendaciones que el equipo ha efectuado a España”.

Además, los expertos han resaltado el compromiso explícito del CSN con la seguridad y con la transparencia, así como la capacitación del personal del Consejo, asegurando que se sienten “impresionados” por los trabajos realizados y considerando “sobresaliente” el apoyo y la cooperación de todos los organismos e instituciones implicadas.

Por su parte, la presidenta del CSN, Carmen Martínez Ten, ha agradecido a la misión “esta oportunidad de colaboración”, y ha declarado que el organismo está “muy satisfecho con los resultados obtenidos, ya que confirman la eficacia del modelo regulador del CSN”, comprometiéndose además a “la pronta implantación” de las mejoras recomendadas.

Finalmente, Martínez Ten ha anunciado que España acogerá, previsiblemente el próximo otoño, una conferencia internacional en la que se analizarán las experiencias de otras revisiones IRRS.

Comité de redacción

Necrológica del profesor Jesús Soto

El pasado día 22 de noviembre falleció en Santander nuestro amigo Jesús Soto a una edad temprana después de afrontar con gran dignidad y madurez una dura enfermedad.

Era una persona amable, humilde y con un espíritu colaborador encomiable amén de una gran capacidad de trabajo.

Realizó sus estudios en su tierra natal, Universidad de Valladolid, hasta el año 1973, incorporándose a la de Cantabria como docente e investigador hasta alcanzar el grado de Doctor en Ciencias Físicas en el año 1978 y el de Diplomado en Ingeniería Ambiental por el Ministerio de Industria y Energía en el año 1979 y posteriormente como profesor catedrático de Radiología y Medicina Física de la Facultad de Medicina.

Su actividad docente e investigadora se proyectó sobre disciplinas relacionadas con la Física Médica, efectos de las radiaciones, el funcionamiento de los organismos vivos y el medio ambiente. Fruto de la misma son varios libros de carácter docente, numerosos artículos en revistas científicas de reconoci-



Jesús Soto.

do prestigio y participación en numerosos proyectos de investigación financiados por organismos públicos y empresas privadas.

Estableció vínculos mediante acciones coordinadas con diversos países de Hispanoamérica en colaboración con la Agencia Española de Cooperación Internacional. En reconocimiento a la labor desarrollada el Instituto Superior de Tecnología y Ciencias Aplicadas (InSTEC) de la Habana le nombró, hace unos años, Profesor Emérito.

El núcleo de su investigación fue, desde su comienzo, el estudio del comportamiento de sistemas naturales utilizando trazadores radiactivos colaborando con grupos de físicos, geólogos, químicos, médicos y biólogos, tanto de la Universidad de Cantabria como de otras universidades y organismos españoles y extranjeros.

Los trabajos de campo que realizó con la instrumentación disponible inicialmente requirió el sacrificio de su participación en otras facetas que también le resultaban atractivas como las partidas de ajedrez (gran aficionado desde nuestra época de estudiantes) que a veces se prolongaban en exceso.

Su carácter sencillo y afable queda como un brindis que flotarà entre sus amigos. Su timidez le hizo ser un hombre de pocas palabras pero sus sinceras y valiosas opiniones aportaban no solo un enfoque alternativo a las cuestiones que surgen en los temas de investigación sino un bálsamo y una inyección de ánimo y aliento para continuar. Siempre podías encontrar en él la palabra justa o el juicio acertado sabiendo distinguir entre lo importante y lo superfluo.

Para el Grupo de Investigación en Radiactividad Ambiental de la Universidad de Málaga, Jesús Soto fue todo un símbolo, que desgraciadamente, hemos dejado de oír. Su presencia nos va a faltar pero el recuerdo de su trabajo y amistad estará para siempre entre nosotros.

Jornada debate de unidades docentes de Radiofísica Hospitalaria

Informamos de la organización en Zaragoza de una Jornada debate de Unidades Docentes de Radiofísica Hospitalaria. Tendrá lugar en el Hospital Clínico “Lozano Blesa” durante los días 19 y 20 de Junio de 2008.

Esta Jornada pretende ser una nueva toma de contacto entre especialistas (tutores) y residentes de esta especialidad, promoviendo el debate sobre diferentes temas de interés para todos, con el fin de llegar a unas conclusiones que ayuden a mejorar el proceso de formación de los futuros especialistas.

Su celebración se ha hecho coincidir en fechas con la EXPO de Zaragoza que se inaugura el fin de semana del 14 de Junio.

Más información en: <http://www.sefm.es/junidadeszgz.php>

Esther Millán Cebrían
Hospital Clínico “Lozano Blesa”, Zaragoza

XVII Curso sobre Gestión de Residuos Radiactivos

El pasado 4 de marzo tuvo lugar la Inauguración de la XVII edición del Curso sobre Gestión de Residuos Radiactivos que organizan conjuntamente el Departamento de Ingeniería Nuclear de la Escuela de Ingenieros Industriales de Madrid (UPM), a través de la Cátedra de Seguridad Nuclear “Federico Goded” y la Unidad de Formación del CIEMAT bajo el patrocinio de ENRESA.

Como todas las ediciones, este curso da comienzo con una Jornada Inaugural sobre un tema estrechamente relacionado con el curso. Este año la jornada contó con una magnífica conferencia a cargo de Mr. Jan-Marie Potier,



Curso sobre Residuos Radiactivos.

jefe de la sección de tecnología de residuos de la División de Tecnología de residuos y ciclo del combustible nuclear del OIEA, cuyo título fue "Challenges for Managing Nuclear Knowledge in Radioactive Waste Management: the IAEA's perspective".

El curso es un referente en España para todos los profesionales involucrados en la protección radiológica y la tecnología nuclear, ya que pretende completar la formación en residuos radiactivos dando una visión global del tema y analizando los problemas actuales y previsibles en el campo de la gestión de los residuos radiactivos y sus posibles soluciones.

- La dirección del curso corre a cargo del profesor Agustín Alonso y la coordinación técnica corresponde a Eduardo Gallego (UPM) y a Susana Falcón (CIEMAT).

- El curso cuenta con 35 alumnos procedentes de la propia UPM, del CIEMAT, del sector nuclear y recién licenciados que buscan una formación más específica. El curso finalizará el 29 de mayo con una mesa redonda sobre "La información y participación del público en la gestión de los residuos radiactivos".

Susana Falcón

Responsable Formación en PR y TN. CIEMAT

reducción de cobalto, se consigue una disminución en estas dosis operacionales a finales de los años 90, pero el siglo 21 se inicia con un nuevo repunte en las mismas y la industria americana está respondiendo con su proyecto RP 2020 y EPRI en particular centrándose en programas de reducción del término fuente y en innovaciones tecnológicas.

Según EPRI los retos tecnológicos actuales en lo que respecta a la protección radiológica se centran en blindajes permanentes, mejora de la planificación ALARA, el uso de la tecnología de vigilancia remota y la reducción del término fuente, así como en la investigación de nuevos materiales de blindaje. Además EPRI está investigando sobre la existencia de un umbral práctico en la relación dosis-respuesta a dosis bajas.

EPRI está realizando una revisión desde el punto de vista de protección radiológica al diseño de los nuevos reactores avanzados Westinghouse AP1000, GE ABWR y ESBWR, AREVA EPR y Mitsubishi U.S. APWR.

El objetivo que se plantea EPRI con esta actividad pretende asegurar que los nuevos diseños, su construcción y operación, al menos cumplen, sino superan, las mejores prácticas y estándares de la industria, y que en ellos se estén utilizando tecnologías más avanzadas.

Otros temas relevantes

Es de destacar la iniciativa de alguna central nuclear americana de implantar una ficha de objetivo de dosis individual para cada entrada en zona controlada a fin de involucrar a cada trabajador en la responsabilidad de controlar y reducir su dosis personal. La experiencia de esta iniciativa ha permitido reducir las dosis colectivas en operación normal en un 28%.

A lo largo del 2008 la NRC va a acometer la revisión de las dos guías reguladoras relacionadas con los programas ALARA, la RG 8.8 y la RG 8.10 con el objetivo de adaptarlas a la situación actual de la práctica de la protección radiológica e incorporar las nuevas tecnologías y programas de reducción del término fuente.

La NRC tiene sobre la mesa en este año 2008 15 solicitudes de nuevas centrales nucleares que sumarían 21 reactores que se sumarían a los 4 solicitados en el 2007.

En abril se va a celebrar un congreso sobre blindajes y nuevos materiales para su uso en centrales nucleares y otras instalaciones: <http://icrs11.me.gatech.edu/>.

Eduardo Sollet (CN Cofrentes)

NOTICIAS del MUNDO

Resumen de la Conferencia de Protección Radiológica de EPRI y Congreso ISOE 2008 norteamericano

Durante los días 14 al 16 de enero de 2008 se ha celebrado en Miami (Florida) el Congreso ISOE 2008 norteamericano y la conferencia de protección radiológica de EPRI al que asistieron un gran número de participantes internacionales entre los que se encontraban representantes españoles pertenecientes a diferentes centrales nucleares, al Organismo Regulador y a Tecnatom. La reunión se estructuró en 10 sesiones técnicas en las que se trataron temas como: Excelencia en las CCNN para la nueva era de expansión de la energía nuclear, experiencias ALARA en el mundo, metodologías de reducción del término fuente, ALARA y fiabilidad de equipos, participación de los trabajadores, planes estratégicos, mesa redonda con la NRC, y objetivos ALARA de futuro.

La conferencia inaugural versó sobre los efectos de las bajas dosis de radiación, destacando que la radiación es un mal agente cancerígeno pero muy eficaz en la destrucción de células y que entre las principales causas del cáncer caben destacar: el tabaco, la mala nutrición, las infecciones crónicas, la exposición ocupacional, la genética, las bebidas alcohólicas, y los factores medioambientales.

La percepción del público respecto a las radiaciones ionizantes es que cada ionización produce un cáncer y que la mayoría de las personas irradiadas lo desarrollan, cuando la realidad científica es que cada ionización



Participantes españoles al Congreso EPRI-ISOE 2008.

- incrementa de forma proporcional el riesgo de contraer un cáncer y que el riesgo de desarrollar un cáncer radioinducido es muy pequeño y para que sea detectable entre los de aparición espontánea sería necesario irradiar a millones de personas a dosis muy altas.

Actividades de EPRI en protección radiológica y de revisión ALARA del diseño de los nuevos reactores avanzados

- Esta presentación de EPRI sobre sus programas de protección radiológica se inició con una visión histórica que refleja muy bien el estado actual de la protección radiológica en las CCNN de forma global. Tras una primera fase de la operación de las centrales nucleares en los años 80 y 90 centrada en responder a los retos de dosis operacionales cada vez más altas, combatido con descontaminaciones y

Reunión Anual de EURADOS AM2008

La Reunión Anual de EURADOS (AM2008) se ha celebrado en París del 21 al 25 de Enero de 2008, organizada por el IRSN (Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire). EURADOS (European Radiation Dosimetry Group) consta en la actualidad de más de 50 laboratorios europeos (*Voting Members*) y está sufriendo un cambio estructural importante, dirigido a constituirse como un network sostenible de referencia en Europa en el campo de la dosimetría de las radiaciones ionizantes.

La Reunión Anual AM2008 constó de un programa intenso de acciones y eventos diversos. En primer lugar se celebraron las reuniones de los grupos de trabajo, tanto del Proyecto Europeo CONRAD (Coordinated Action on Radiation Dosimetry), como fuera de CONRAD (Armonización en Dosimetría Personal, Dosimetría Ambiental y Dosimetría de tripulaciones aéreas). Laboratorios, universidades, instituciones y expertos españoles participan activamente en las actividades y eventos que se desarrollan desde EURADOS, e incluso patrocinan la organización, contribuyendo al objetivo de gestión autosuficiente. La participación española en esta Reunión Anual AM2008 ha constado de representantes del Consejo de Seguridad Nuclear (destacando la presencia del consejero Francisco Fernández), del CIEMAT, del INTE y de la Universidad Politécnica de Madrid.

El CIEMAT lidera el Work Package 5 (WP5) del proyecto CONRAD, que es una acción patrocinada por el VI Programa Marco de la Comisión Europea para generar networks de investigadores e instituciones, y para garantizar la diseminación del conocimiento científico. Este grupo de trabajo está dedicado a la investigación coordinada en dosimetría interna, consta de 35 miembros de 17 instituciones procedentes de 12 países europeos. Como colofón al trabajo realizado en dicho Proyecto que termina en Mayo de 2008, el grupo de trabajo WP5 organizará un curso de formación avanzada en dosimetría interna bajo el título "EURADOS/IAEA Training Course on Internal Dosimetry: Application of IDEAS Guidelines and dissemination of CONRAD results". Dicho curso se celebrará en la Universidad de Praga, del 2-6 de Febrero de 2009.

El CIEMAT y el INTE han estado también presentes de forma relevante en otros dos grupos de trabajo del Proyecto CONRAD, dedicados,

- respectivamente, a actividades relacionadas con la aplicación de métodos de Monte Carlo utilizando maniqués tipo voxel, y la protección radiológica de los profesionales implicados en el uso de las radiaciones ionizantes en el campo médico para diagnóstico y para terapia.

- Parte importante del evento AM2008 fue la celebración del Simposio Científico "Achievements of the CONRAD coordination action", donde se presentaron los resultados más relevantes obtenidos por los grupos CONRAD de Dosimetría Computacional (WP4), Dosimetría Interna (WP5) y Campos Mixtos de Radiación (WP6). José María Gómez Ros (CIEMAT), parte importante del WP4, fue responsable de la presentación "Analysis of computational problems involving complex voxel geometries", y María Antonia López (CIEMAT) presentó el trabajo "Internal Dosimetry: towards Harmonisation and Coordination of research", que resumía las acciones llevadas a cabo por el Work package WP5 "Coordination of Research on Internal Dosimetry".

- De gran interés fue la segunda edición de la EURADOS Winter School dedicada esta vez a "Retrospective Dosimetry". Se presentaron varios seminarios en relación a los diferentes aspectos de las técnicas que se utilizan en la evaluación de las dosis individuales de forma retrospectiva, que aplican a la dosimetría de la radiación interna, a la dosimetría biológica y a la dosimetría física (EPR, TL/OSL,...).

- La semana de la Reunión AM2008 concluyó con la celebración del Workshop "Dosimetric issues in the medical use of ionising radiation", dedicado a la protección del staff médico en las exposiciones ocupacionales debido a los tratamientos de diagnóstico y terapia con radiaciones ionizantes. Se trataba de presentar los resultados del grupo de trabajo WP7 del Proyecto CONRAD y del Proyecto "MAESTRO" de la Comisión Europea. Merce Ginjaume (INTE) presentó el trabajo "Intercomparison measurements of the quantity $H_p(0.07)$ by extremity ring dosimeters in medical fields". Todos los trabajos del Simposio Científico y del Workshop se publicarán en una edición especial de la revista Radiation Protection Dosimetry a finales del año 2008.

- Es también destacable la labor que está llevando a cabo el grupo de trabajo de Armonización en Dosimetría Personal. El CIEMAT, representado por Ana Romero, está participando activamente en la creación de un grupo estable dedicado a la organización de Intercomparaciones, que representará una prioridad dentro

- de EURADOS. De esta manera, se pretende cubrir una necesidad muy importante del sistema de calidad que tienen todos los laboratorios europeos de dosimetría personal que están acreditados o en proceso de acreditación.

- De especial relevancia fue la celebración de la Asamblea General de EURADOS, donde se votaron y aprobaron asuntos de gran importancia para el futuro de esta institución, como es la nueva Constitución que va a regir la organización, la renovación e incorporación de cargos del Council (comité gestor y científico de coordinación de actividades) y la nueva sede oficial de la institución. EURADOS a partir de ahora tendrá su sede en Braunschweig, Alemania y dispondrá de una oficina para la gestión de la organización. Un total de 54 *Voting Members* (instituciones europeas) forman EURADOS en la actualidad, 15 de dichas instituciones aportan una cantidad económica anual, a modo de esponsor, de forma que el objetivo a cumplir es generar un "sustainable network" en el campo de la dosimetría de radiaciones. Así por ejemplo, tanto el CIEMAT como el INTE son *Voting Members* (sus representantes son, respectivamente, Antonio Delgado y Merce Ginjaume) y también son patrocinadores de EURADOS. Durante la Asamblea General se votó la participación del CIEMAT como nuevo miembro del Council, con la aprobación de todos los *Voting Members* representados en la sala. Para celebrar la nueva andadura de EURADOS, la próxima Reunión Anual AM2009 se celebrará en el PTB, en Braunschweig (Alemania) y será organizada por el actual Chairman de EURADOS, Helmut Schumacher.

Maria Antonia López Ponte
CIEMAT-Dosimetría de Radiaciones

Nuevo informe de ICRP sobre "El concepto y el uso de animales y plantas de referencia"

En enero de este año, se puso en la web de la ICRP el borrador del documento "The Concept and Use of Reference Animals and Plants", elaborado por el Comité 5 de la Comisión, creado en junio de 2005 y que está encargado de los temas relacionados con la protección radiológica del medio ambiente. Una vez terminado el plazo para comentarios, se revisarán los recibidos y cuando proceda

se incorporarán en el documento, que será publicado en el 2008 en su versión definitiva.

En un primer capítulo, el informe introduce los objetivos de la ICRP en cuanto a la protección radiológica del medio ambiente y describe la aproximación a seguir por la Comisión en este tema. El segundo capítulo se centra en los animales y plantas de referencia, introduciendo el concepto, explicando los criterios utilizados para su selección, y dando una definición de animal o planta de referencia. En este capítulo también se introducen los 12 animales o plantas de referencia inicialmente seleccionados. En el tercer capítulo se tratan los temas relacionados con las rutas de exposición a radiación ionizante de los animales y plantas de referencia, describiéndose los datos que serían necesarios para diferentes situaciones de exposición. El capítulo cuatro está centrado en aspectos de cálculo de los factores de conversión de dosis para los animales y plantas de referencia, y en el se revisan las diferentes metodologías que pueden ser utilizadas para la estimación de dosis, argumentándose la metodología seleccionada para ser utilizada por la Comisión y los cálculos de factores de conversión de dosis específicos para los 12 animales y plantas de referencia seleccionados. El quinto capítulo describe la información disponible en la actualidad sobre los efectos biológicos de la radiación en los animales y plantas de referencia. Los efectos considerados, teniendo en cuenta su relevancia en la protección del medio ambiente, han sido morbilidad, mortalidad, capacidad reproductiva y daño cromosómico. En el capítulo seis se presentan unos niveles de consideración derivados a partir de la información disponible sobre los efectos de la radiación en animales y plantas. El séptimo capítulo aborda el tema de las aplicaciones y las extrapolaciones. Por último, el capítulo octavo describe las conclusiones del informe.

El informe cuenta así mismo con tres apéndices: A) Base biológica de los animales y plantas de referencia; B) Comparación de diferentes aproximaciones dosimétricas; C) Valores tabulados de factores de conversión de dosis para los animales y plantas de referencia.

Como se refleja en una de las conclusiones del capítulo ocho, este informe sobre el concepto y uso de animales y plantas de referencia, ha servido simplemente como una introducción al complejo tema de la protec-

ción del medio ambiente en relación a la radiación. Introduce la razón fundamental para seleccionar determinados tipos de animales y plantas de referencia, y da énfasis a su biología y a aspectos básicos de dosimetría y efectos biológicos. Futuras publicaciones tratarán en más detalle aspectos tales como las bases de datos para la modelización de la exposición, posibles ajustes en la dosimetría, y abordarán temas como la eficacia biológica relativa (RBE), y la aplicación de una aproximación básica a diferentes situaciones de exposición.

*Almudena Real
Miembro del Comité 5 de ICRP*

Reunión internacional del OIEA sobre la prohibición del transporte del material radiactivo

Expertos de organismos gubernamentales, fabricantes de fuentes radiactivas y organizaciones transportistas, se reunieron, bajo el auspicio del Organismo Internacional de la Energía Atómica, el pasado mes de enero en Viena con el fin de solucionar los problemas que genera la prohibición impuesta por algunos países al transporte de materiales radiactivos por su territorio terrestre o marítimo. El Comité del Organismo Internacional de Energía Atómica para la prohibición del transporte, llevo a cabo la tercera de una serie de reuniones para tratar el tema, con el fin de mejorar el sistema de recopilación de información y crear una base de datos que registre los casos de transportes rechazados y poder realizar un seguimiento de estos incidentes.

Como consecuencia de las numerosas aplicaciones con fuentes radiactivas llevadas a cabo en el sector de las investigaciones científicas, la medicina, la industria y la energía, el transporte seguro de estos materiales radiactivos constituye una preocupación tanto a nivel de salud pública como a nivel económico.

El rechazo o interrupción en la entrega de fuentes radiactivas puede ser considerablemente perjudicial tanto para los tratamientos oncológicos, diagnósticos, esterilización de productos para asistencia médica, como para investigaciones científicas y el desarrollo y uso de la energía nuclear.

Con el fin de resolver esta problemática, el comité del OIEA tiene previsto celebrar cursos y talleres regionales orientados a los empleados de la industria marítima, para hacer frente a la denegación de los embarques en China, Italia, Madagascar y Tanzania, durante el primer semestre de 2008.

Comité de redacción

Primer Workshop de la "Red ALARA europea sobre materiales radiactivos de procedencia natural" (EANNORM)

Tras la revisión de las Normas Básicas de Seguridad europeas, la Comisión Europea (CE) decidió crear en 1996 la Red ALARA Europea (European Alara Network (EAN). Uno de los objetivos de la Red era constituir un foro en el que todos aquellos centros, organismos e industrias interesados pudieran intercambiar información relevante sobre la optimización de las dosis. La red creada, además, propone proyectos de investigación que son de interés para los países europeos.

Actualmente, se está llevando a cabo un proceso de revisión de las Recomendaciones internacionales y de las Normas Básicas de Seguridad, donde se está potenciando el estudio y la regulación de la exposición a las radiaciones naturales y más concretamente de la exposición a los NORM (Naturally Occurring Radioactive Materials). Por este motivo se ha creado el EANNORM, con el objetivo básico del intercambio de información sobre este aspecto en particular entre las naciones europeas participantes. Esta red ha sido promovida por la CE, quien además la financia durante sus dos primeros años de existencia (2007 y 2008). La concepción del proyecto se presentó en el congreso NORM V, celebrado en Sevilla en marzo de 2007.

Como inicio de sus actividades, del 20 al 22 de noviembre de 2007 se celebró en Dresde (Alemania) el primer Workshop de la Red Europea Alara sobre NORM. A este Workshop asistieron 83 personas procedentes de la práctica totalidad de los países de la Unión Europea y de algunos otros no pertenecientes a la Unión. La participación fue heterogénea, contando con representantes de organismos reguladores, centros de investigación y diversas industrias NORM.

En este primer encuentro se abordaron temas muy diversos, realizándose presentaciones sobre algunos aspectos científicos y la experiencia acumulada por los distintos países en la implantación del Título VII de la Directiva de Normas Básicas de Seguridad (Directiva 29/96 EURATOM). Asimismo, se presentó un avance de las novedades relativas al control de la exposición a NORM que podrían incluirse en la revisión de dichas Normas Básicas de Seguridad que son de obligado cumplimiento para los países miembros de la Unión Europea. Dos de las principales cuestiones planteadas, que se encuentran también en discusión en otros foros, fueron: los niveles derivados de actividad para la desclasificación de materiales NORM y la dilución de estos materiales como posible opción para su gestión. En el primero de los casos, se discutió el uso de los niveles derivados por el OIEA en el documento RS-G-1.7 (2007) frente a los del documento europeo Radiation Protection 122 (2002), mientras que en el segundo, se recomendó que, en caso de que finalmente fuera aceptada la dilución de los NORM, esta se realizara siempre bajo supervisión del regulador. Finalmente, se discutió el interés de la continuidad de la Red, con

reacciones muy positivas de todos los participantes, planteándose las posibles alternativas de financiación.

Todas las presentaciones del workshop, junto con otra información relevante, pueden consultarse en la Web de la red: www.ean-norm.net.

Juan Carlos Mora (CIEMAT) y
Marta García-Talavera (CSN)

Congreso ALATRO

Entre los días 4 y 7 de Diciembre de 2007 tuvo lugar en Montevideo (Uruguay) el 1er Congreso Latinoamericano de la Asociación Latinoamericana de Terapia Radiante Oncológica (ALATRO), sociedad de nueva creación pero heredera del proyecto de CRILA y GLAC para Latinoamérica. El congreso coincidió con el post-curso de Física para Radioterapia organizado por ESTRO en Punta del Este (Uruguay) y contó con la presencia de médicos radioterapeutas, radiofísicos y tecnólogos (técnicos aquí en España) procedentes no solo de Latinoamérica sino también de Estados Unidos y Europa. Si bien el nivel de este tipo de congresos es equipara-

ble a cualquier otro celebrado en el mundo (IMRT, IGRT, radiobiología, estereotaxia), los expertos reunidos coincidieron en hacer notar el importante impulso que necesita Latinoamérica en materia tecnológica y de desarrollo para alcanzar el nivel óptimo deseable para la práctica de una radioterapia moderna. Una vez más se expuso la precaria situación de la sanidad en muchos lugares de tan inmensa región sometida a desequilibrios que superan lo injusto y una vez más se propusieron soluciones y se buscaron consensos, como por ejemplo la idea de organizar un plan de compra de unidades de tratamiento y tecnología de manera conjunta y buscando ofertas comunes por parte de las casas comerciales.

En la parte organizativa, se produjo el relevo en la presidencia de ALATRO resultando electo el Dr. Paulo Eduardo Novaes (2008-2010) y dejando la presidencia el Dr. Luis Pinillos (2005-2007) procedentes respectivamente de Brasil y Perú.

Alejandro García Romero
Servicio de Física y Protección Radiológica
Hospital Clínico Universitario de Zaragoza
Zaragoza (ESPAÑA)



ARCAL más de veinte años de cooperación en ciencia y tecnología nucleares

El programa ARCAL, que empezó en 1984 bajo el patrocinio del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), es actualmente un Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe. El objetivo del Acuerdo es promover, recoger, coordinar e implementar actividades de cooperación para formación, investigación, desarrollo y aplicación de la ciencia y la tecnología nucleares en la región, con el objetivo final de mejorar las condiciones de vida de la población. Actualmente hay veinte países que participan en el acuerdo, a los

que hay que sumar España, que se ha adherido recientemente como miembro asociado, y Francia, que, aunque colabora regularmente en los proyectos que se realizan en el marco de ARCAL, está todavía en proceso de asociación con estatus similar a España.

Como se dijo, el Acuerdo ARCAL está fuertemente vinculado al Departamento de Cooperación Técnica del OIEA. Dentro de este marco se realizan numerosos proyectos de cooperación horizontal, técnica y económica que contribuyen a expandir el uso de las técnicas mencionadas en los países beneficiarios. La coordinación del Programa se realiza a través del Coordinador de Proyectos Regionales de la Sección de América Latina del Organismo, quién, con la asistencia de Oficiales Técnicos del OIEA, los Coordinadores Nacionales y los Coordinadores de los Proyectos de los países participantes, realiza la supervisión de los Proyectos.

Desde su creación, se han puesto en marcha más de 80 proyectos, de los cuales unos 50 ya se han concluido y el resto está en distintas fases de cumplimiento. Los proyectos ARCAL se implementan con una

estimación promedio de dos a cinco años de duración, aunque en la realidad este periodo se acaba convirtiendo entre cuatro y seis años. El presupuesto para estos proyectos proviene mayoritariamente de los fondos de Cooperación Técnica del OIEA. Así, en el periodo 1984-2004, de un monto total de casi 30.000.000\$ el Organismo aportó el 87%, viniendo el resto de diferentes contribuciones extrapresupuestarias de países donantes. Los gastos se destinan a la compra de equipos (casi un 35%), el pago de expertos y talleres (31%), formación (29%) y becas y visitas científicas (4%). El pequeño porcentaje restante son gastos diversos.

Los países más activos en los proyectos ARCAL son los que cabría esperar por su mayor desarrollo en las tecnologías nucleares (Brasil, Argentina, Chile, Cuba, México...), pero siempre ha estado en el espíritu del acuerdo (siendo un objetivo importante) que éste sirva como medio de transferencia de tecnología y conocimiento hacia los países menos desarrollados en este campo.

En cuanto a las áreas de aplicación de los proyectos, destaca sobre los demás el

sector de la salud, cuyos fondos, además, se incrementan cada año. Le siguen en importancia la seguridad, la tecnología y la ingeniería nuclear, la hidrología y la industria, la radioquímica nuclear, la agricultura y la alimentación, y empiezan a cobrar más relevancia los temas medioambientales. La elección de los temas de actuación no es gratuita, sino que se corresponde adecuadamente con las necesidades prioritarias de los países beneficiarios. En este sentido se ha elaborado recientemente el Perfil Estratégico Regional (PER) como documento que servirá de guía para la selección de los próximos proyectos.

Recientemente España se ha adherido como socio colaborador al Acuerdo, siendo el CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas), el organismo designado por el Gobierno Español de canalizar dicha colaboración. El CIEMAT ya participa aportando tanto recursos económicos como humanos a varios proyectos actualmente en marcha, pero es deseo de las autoridades españolas que otros centros se sumen a la iniciativa y ayuden en la medida de sus posibilidades al pleno cumplimiento de los objetivos de ARCAL.

- En los próximos meses el OIEA planteará a los Órganos de ARCAL la lista previa de los proyectos para el trienio 2009-2011.
- De esta lista surgirán aquellos que finalmente serán presupuestados y ejecutados. Cuando la lista sea presentada, es nuestra intención darla a conocer (bien mediante la Web de la SEPR o del propio CIEMAT) a los centros e instituciones españoles cuya colaboración será, sin duda, inestimable para la buena ejecución de los proyectos y para un mejor desarrollo de los países hermanos de América Latina y el Caribe. Esta colaboración se puede materializar tanto en la aportación de medios materiales o humanos como en la acogida de personal en formación. Toda aportación será extraordinariamente bien recibida por los miembros del Acuerdo, y desde aquí invitamos a quienes quieran manifestar su interés, lo hagan dirigiéndose al Coordinador Nacional de España, en el Departamento de Relaciones Internacionales del CIEMAT (felix.barrio@ciemat.es).

Félix Barrio de Miguel
Representante en el OCTA (Órgano de
Coordinación Técnica de ARCAL)

PUBLICACIONES

Publicaciones AAPM

The measurement, reporting and management of radiation dose in CT

Report of AAPM Task Group 23 of the diagnostic imaging council CT committee. Enero 2008.

Desde la introducción de la Tomografía Computarizada (TC) helicoidal en los años 90, la tecnología y las capacidades de los equipos de TC han cambiado considerablemente. La aparición de los TCs con dos cortes en 1994 y los sistemas multicorte en 1998 ha acelerado la implementación de nuevas aplicaciones clínicas. El número de cortes por rotación axial se ha incrementado hasta los últimos modelos



- que pueden comercializarse con 256 cortes. Este report ahonda en la repercusión que este avance tecnológico y las nuevas aplicaciones clínicas pueden tener en la dosis que reciben los pacientes. Tras una breve introducción, el report describe los detectores usados en la TC multicorte actual, define las magnitudes usadas en la dosimetría TC (incluyendo valores típicos, factores de conversión a dosis efectiva para diferentes edades...), comenta los métodos para reducir la dosis en los pacientes, incide en la utilidad clínica que tiene el CTD_{vol} y aporta indicaciones del uso adecuado de las dosis en TC y de los parámetros de riesgo asociados. Incluye dos apéndices. En el primero aporta diferentes técnicas en función de la edad de los pacientes y de las regiones anatómicas y en el segundo describe el uso del control automático de exposición en los sistemas TC comerciales.
- http://www.aapm.org/pubs/reports/RPT_96.pdf

Comité de redacción

Publicaciones IAEA

Setting up a Radiotherapy Programme: Clinical, Medical Physics, Radiation Protection and Safety Aspects (Pub 1296; 2008)

Esta publicación proporciona las pautas para diseñar y poner en práctica programas en radioterapia, teniendo en cuenta la física clínica, la física médica, la protección radiológica y los aspectos de seguridad. Está orientado a profesionales implicados en el desarrollo, en la puesta en marcha y en la dirección de los programas en radioterapia.

ISBN 92-0-101807
<http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/ResultNew.asp>

Comité de redacción

Publicaciones ICRP

ICRP Publication 103: Recommendations of the ICRP.

Annals of the ICRP Volume 37/2-4. Enero 2008.

Estas recomendaciones revisan el Sistema de Protección Radiológica y formalmente sustituyen a las recomendaciones anteriores de 1990 (ICRP 60). Las nuevas recomendaciones actualizan los factores de ponderación para tejidos, los factores de ponderación para radiaciones y los coeficientes nominales de riesgo para los efectos estocásticos por radiación, basándose en la última información científica de la biología y de la física de la radiación. Se mantienen los tres principios fundamentales de la protección radiológica (la justificación, la optimización y el uso de límites de dosis) y clarifica como se aplican a las fuentes de radiación y a los individuos que reciben la exposición. Se definen las situaciones planificadas, las de emergencia y las de exposición existente y se aplican los principios fundamentales de justificación y optimización de protección a todas estas situaciones. Se mantienen los límites de dosis individuales de la Comisión para la dosis efectiva y la dosis equivalente y se refuerza el principio de optimización de

protección, que debería ser aplicable de un modo similar a todas las situaciones de exposición. Las Recomendaciones también incluyen un acercamiento para desarrollar un marco para la protección radiológica del medio ambiente.

ISBN 0702030481 / 9780702030482

Comité de redacción

ICRP Publication 104: Scope of Radiological Protection Control Measures

Annals of the ICRP Volume 37 Issue 5. Febrero 2008.

En este informe la Comisión hace recomendaciones a las autoridades nacionales para la regulación y definición del alcance de las medidas de control en protección radiológica usando los principios de justificación y optimización. El informe aconseja sobre como decidir las situaciones de irradiación que deberían ser cubiertas, tanto donde el control regulador puede ser justificado como aquellos casos que pueden ser considerados para la exclusión del ámbito regulador. El informe describe criterios de exclusión, criterios de exención para situaciones de exposición planificadas y el uso de estos conceptos en situaciones de exposición de emergencia y en situaciones de exposición existentes.

ISBN 0702031011 / 9780702031014

Comité de redacción

Futuras Publicaciones ICRP

ICRP Publication 105: Radiological Protection in Medicine

Annals of the ICRP Volume 37 Issue 6. Marzo 2008.

ICRP tiene prevista una publicación sobre protección radiológica en medicina.

ISBN 070203102X / 9780702031021

Comité de redacción

Publicaciones NCRP

Development of a Biokinetic Model for Radionuclide-Contaminated Wounds for Their Assessment, Dosimetry and Treatment.

Report No. 156 NCRP (2006).

La literatura científica contiene informes sobre mas de 2.100 casos de heridas provocadas por contaminación con radionucleidos. La mayoría de estas heridas ha ocurrido en las instalaciones del proceso de plutonio. Además de heridas por contaminación que surgen en situaciones industriales y militares, el empleo médico

de material radiactivo como un agente radiográfico de contraste ha causado el desarrollo de granulomas en los lugares de inyección.

Aunque se han descrito numerosos modelos dosimétricos biocinéticos para las entradas de radionucleidos por la inhalación e ingestión, un modelo general comparable para la entrada vía heridas contaminadas no existe, aunque la cantidad total de actividad asociada con una herida contaminada es típicamente mucho más grande que la asociada con exposiciones de trabajador vía la inhalación o ingestión.

Así, NCRP, en colaboración con la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), estableció un comité científico para el desarrollo de un modelo dosimétrico biocinético para la entrada de radionucleidos a través de heridas.

El report Nº 156 de NCRP hace una revisión sobre este tema y presenta nuevos análisis con datos de animales. Los datos han sido usados para obtener los parámetros de un modelo compartimental comprensivo para heridas contaminadas. También aporta información sobre los procesos biológicos de cicatrización, incluyendo respuestas de cuerpo extraño y carcinogénesis. Proporciona datos en humanos con exposiciones ocupa-

cionales, militares y médicas, para relacionarlos con los datos de animales.

Finalmente, se comentan los procedimientos normales médicos en heridas contaminadas. <http://www.ncrppublications.org/>

Comité de redacción

Radiation Protection in Educational Institutions

El objetivo de este report es proporcionar directrices para el empleo seguro de fuentes de radiación ionizante y no ionizante en instituciones educativas. Aporta breves explicaciones sobre los términos usados con las radiaciones ionizantes y con las no ionizantes en un Glosario.

Este report es requerido principalmente para aquellas instituciones que no necesitan a un profesional a jornada completa en protección radiológica porque los empleos y los niveles de radiación de las fuentes son limitados. En estos casos, un individuo con pequeños conocimientos en protección radiológica (p.ej. un profesor o el empleado general de seguridad) podría asumir la responsabilidad de poner en práctica el programa de protección radiológica.

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

Comité de redacción

CONVOCATORIAS

“más información en www.sepr.es”

ABRIL

• **European Conference on Interventional Oncology.** Del 10 al 12 de abril de 2008 en Florencia, Italia.

• **16th IOMP International Conference on Medical Physics: Current and Future Sciences in Radiation Medicine.** Del 14 al 16 de abril de 2008 en Dubai, Emiratos Arabes.

• **7th International Conference on Effects of Low Dose Radiation: The Future for Radiation Protection.** Del 22 al 24 de abril de 2008 en Birmingham, Inglaterra

MAYO

• **8th International Congress of Nuclear Oncology.** Del 1 al 4 de mayo de 2008 en Estambul, Turquía.

• **6th International Conference on Isotopes (6ICI).** Del 12 al 16 de mayo de 2008 en Seoul, Corea.

JUNIO

• **25th International Congress of Radiology (ICR).** Del 05 al 08 de junio de 2008 en Marrakech, Marruecos.

• **9th International Conference on Applications of Nuclear Technique.** Del 08 al 14 de junio de 2008 en Creta, Grecia.

• **1st International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity.** Del 15 al 20 de junio de 2008 en Bergen, Noruega.

• **7th International Topical Meeting on Industrial Radiation and Radioisotope Measurement Application.** Del 22 al 27 de junio de 2008 en Praga, República Checa.

• **ISOE European Symposium on Occupational Exposure Management at Nuclear Facilities.** Del 25 al 27 de junio de 2008 en Turku, Finlandia.